PARTS OF THE ORIGINAL DOCUMENT

ARE OF POOR REPRODUCTIVE QUALITY

CERTAINES PARTIES DU DOCUMENT ORIGINAL

SONT DE PIÈTRE QUALITÉ DE REPRODUCTION

830

IGM86-204-498
CNRC 26830

L'USURE ABRASIVE: UN COMBAT

Ce rapport regroupe les notes recueillies lors du séminaire d'un jour sur le thème de l'usure abrasive et des moyens de protection utilisés par l'industrie pour lutter contre elle. Ce séminaire s'est tenu le 24 mars 1986 dans les locaux de l'Institut de génie des matériaux du Conseil national de recherches Canada à Boucherville. Dans les pages suivantes, on retrouve essentiellement:

- la liste des 48 participants au séminaire
- l'horaire des présentations
- les résumés des présentations et/ou une copie des transparents tels que fournis par conférenciers.

SEMINAIRE ASM-IGM
L'USURE ABRASIVE: UN COMBAT
Institut de génie des matériaux
24 mars 1986

Liste des participants

Gilles BARBERY	Université Laval
Habib BENABDALLAH	Ecole Polytechnique
Martin BERNATCHEZ	OIQ
Claude BLAIS	Stelco Inc.
Rémi BOISCLAIR	Brospec Inc.
Thomas BROWN	Brospec Inc.
Donat CARBONNEAU	Compagnie minière IOC
Jean-Pierre CHALIFOUX	Ecole Polytechnique
Blaise CHAMPAGNE	Institut de génie des matériaux
Alain COUTURE	Métallurgie Frontenac
Chris CHIU	AMCA Int. Ltd.
Serge DALLAIRE	Institut de génie des matériaux
Patrice DIONNE	Centre de Recherche Noranda
Mark DOYLE	Himont
Richard DUFRESNE	Air Liquide Canada Ltée
Roger DUGUAY	Les Produits Arcweld Ltée
Pierre DUROCHER	Himont
J.C. FARGE	Centre de recherche Noranda
Michel FISET	Université Laval
Martin GAGNÉ	Les Poudres Métalliques du Québec Ltée
Claude GÉLINAS	Institut de génie des matériaux
Louis GOSSELIN	Vac-Aero
Marcel GOUDREAU	JM Asbestos Inc.
François G. HAMEL	Institut de génie des matériaux
Gilles HUARD	Institut de génie des matériaux
K.J. KONSZTOWICZ	Ecole Polytechnique
Graham T. LEGGE	Abar Ipsen Industries
I. MARSHALL	Stelco Inc.
Jacques MASOUNAVE	Institut de génie des matériaux
Jacques NADON	Eutectic Castolin
Conrad PAQUET	Air Liquide Canada Ltée
Guy PAQUET	Centre de recherche minérale
Mark PODOB	Abar Ipsen Industries
François RACICOT	Didier Corp. Produits Réfractaires
Louis ROBERT	Métallurgie Frontenac Ltée
Clermont ROY	Université de Sherbrooke
Denis N. ROY	JM Asbestos Inc.
Gilbert ROY	Didier Corp. Produits Réfractaires
Joël SAVERNA	Institut de génie des matériaux
Gérard GSCHWIND	Cons. en Chimie et Métallurgie Inc.
Reynald SIMONEAU	IREQ
Jean-Yves ST-GELAIS	Sidbec-Dosco/ Contrecoeur
Jerome H. TAMELING	Sherritt Gordon Mines
Yves THÉRIAULT	Institut de génie des matériaux
Christian B. THOMPSON	Paprican
Gérald TOUPIN	Sidbec-Dosco/ Contrecoeur
Pierre TURCOTTE	Sidbec-Dosco/ Contrecoeur
Viwek VAIDYA	CE Canada Ltée

Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

Institut de génie des matériaux
Industrial Materials Research Institute

75, De Mortagne, Boucherville, Qué., Canada J4B 6Y4
(514) 641-2280

SEMINAIRE ASM-IGM

L'USURE ABRASIVE: UN COMBAT

Institut de génie des matériaux

24 mars 1986

Programme final

08H45 Introduction

08H50 Présentation de la journée

THEORIE

09H00	Coûts, causes de l'abrasion et tests de laboratoire	Jacques Masounave Institut de génie des matériaux
09H30	Influence de la microstructure sur la résistance à l'usure	Michel Fiset Université Laval
10H00	Evaluation des tests de laboratoire	Blaise Champagne Institut de génie des matériaux
10H15	Pause	
10H30	Usure des corps broyants	Gilles Barbery Université Laval
11H00	Usure par abrasion des polymères et composites	H. Benabdallah Ecole Polytechnique de Mtl

MOYENS DE PROTECTION ET D'ANALYSE

11H15	Composites et cermets	Blaise Champagne Institut de génie des matériaux
11H45	Revêtements résistant à l'usure	Serge Dallaire Institut de génie des matériaux
12H15	Repas	

suite en page/2

Canada

13H15	Visite des laboratoires de tribologie, fonderie et revêtements.	
13H45	Abrasion dans les systèmes lubrifiés	Clermont Roy Université de Sherbrooke

ETUDE DE CAS

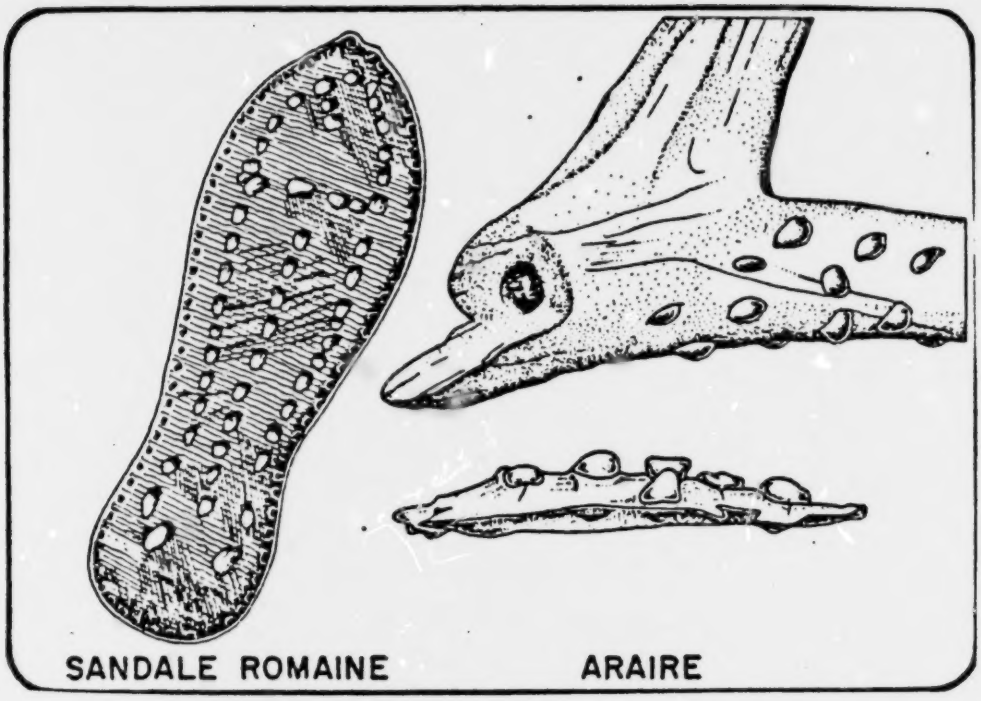
14H15 Legge	Protection contre l'usure dans l'industrie minière	Jerome H. Tameling Sherritt Gordon Mines
14H35	Protection contre l'usure dans l'industrie des pâtes et papiers	Christian B. Thompson Pulp & Paper Research Institute
14H55	Protection par revêtements céramiques Projection thermique à la flamme	André H. Desarzens Eutectic Castolin
15H15	Récentes substitutions en service de nouvelles tiges broyantes dans les broyeurs primaires	Patrice Dionne Centre de recherche Noranda
15H35	Pause	
15H50	Usure prématurée de plaques de revêtement de récupérateurs #1 & 2	Donat Carbonneau Compagnie minière IOC
16H10	Usure érosive par cavitation des aciers inoxydables austénitiques au Ni, Mn & Co.	Reynald Simoneau IREQ
16H30 TAMELING	Revêtements anti-usure au nitrure de titane	Graham T. Legge Abar Ipsen Industries
16H50	Conclusion	
17H00	Fin	

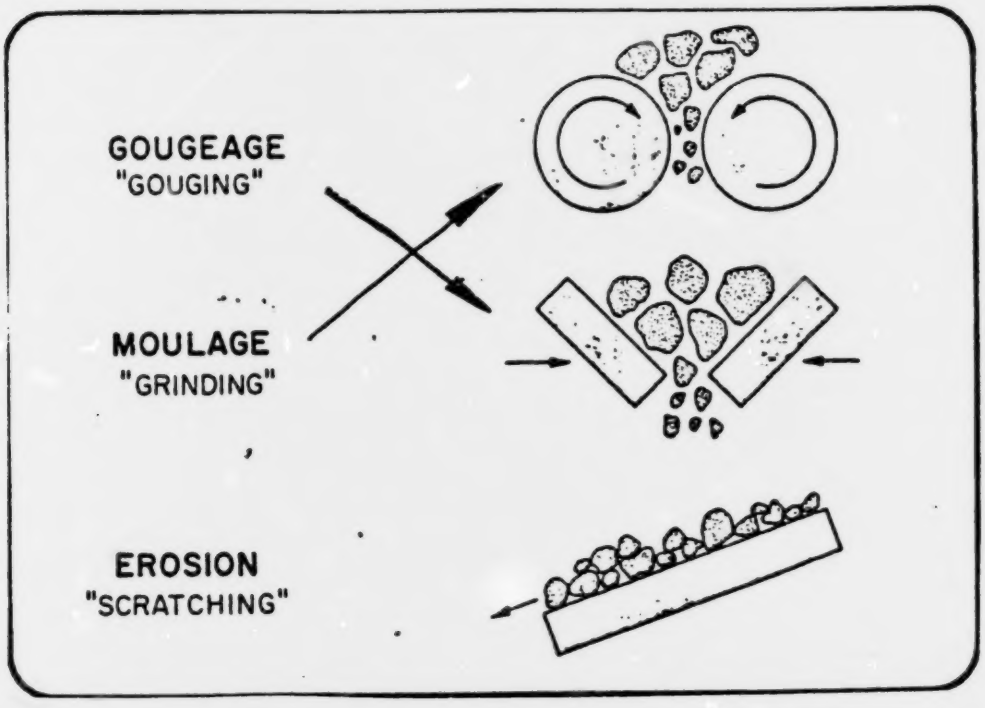
INFLUENCE DE LA MICROSTRUCTURE SUR LA RÉSISTANCE À L'USURE:

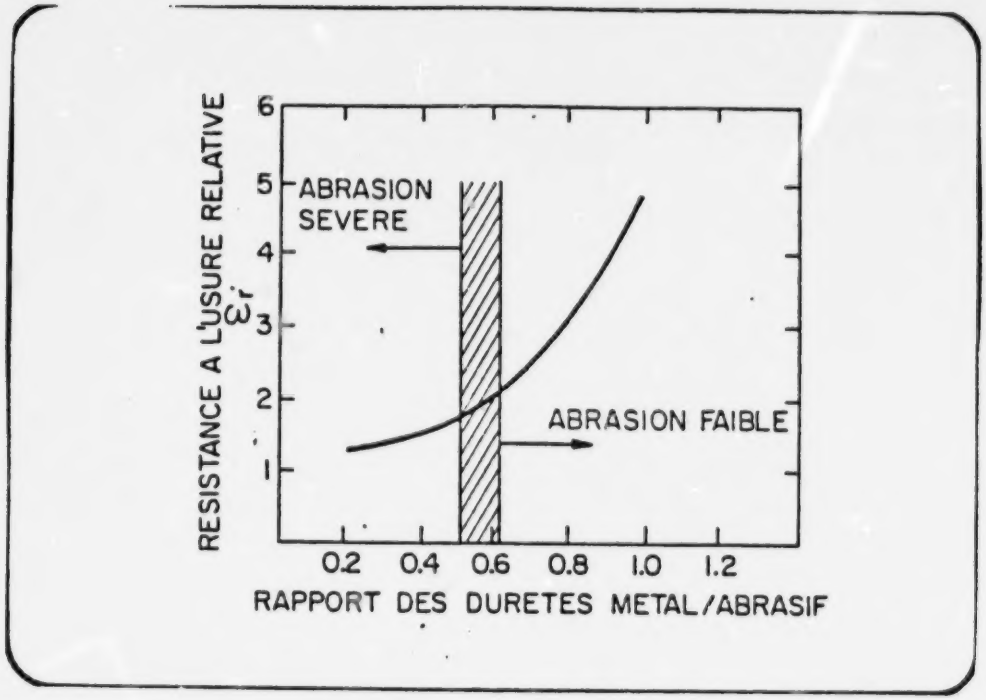
M. FISET

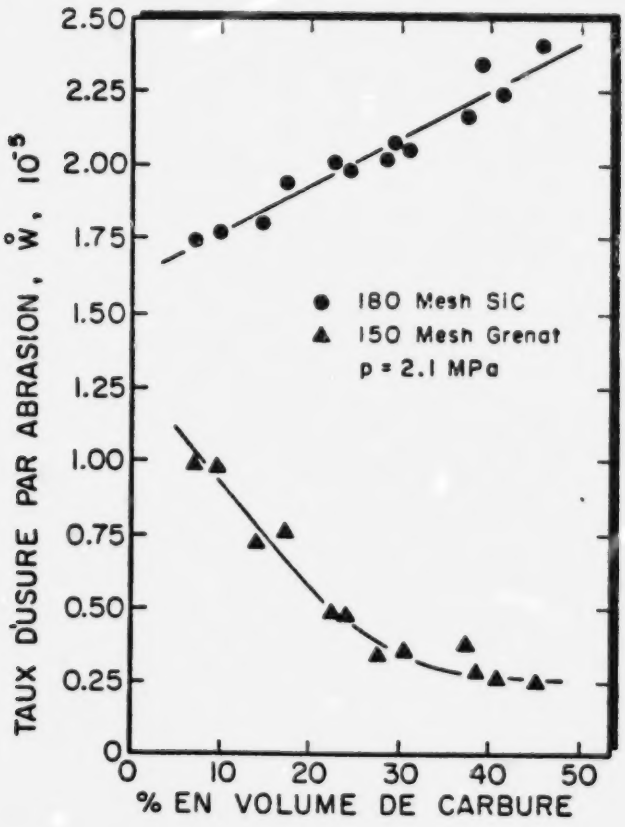
(UNIVERSITÉ LAVAL)

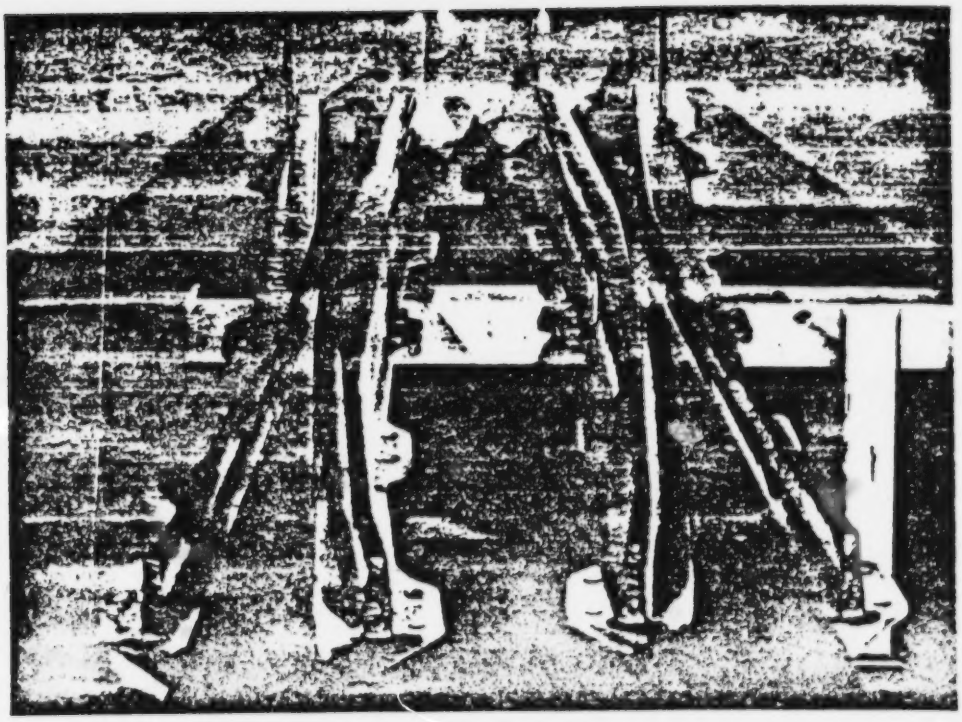
MAÎTRISER L'USURE?


SANDALE ROMAINE
ARAIRE


GOUGEAGE
"GOUGING"
MOULAGE
"GRINDING"
EROSION
"SCRATCHING"


RESISTANCE A L'USURE RELATIVE
ε_r
6
5
4
3
2
1
ABRASION SEVERE
ABRASION FAIBLE
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
RAPPORT DES DURETES METAL/ABRASIF


TAUX D'USURE PAR ABRASION, $\dot{W}$, 10^{-3}
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
0.75
0.50
0.25
0
180 Mesh SiC
150 Mesh Grenat
p = 2.1 MPa
0
10
20
30
40
50
% EN VOLUME DE CARBURE



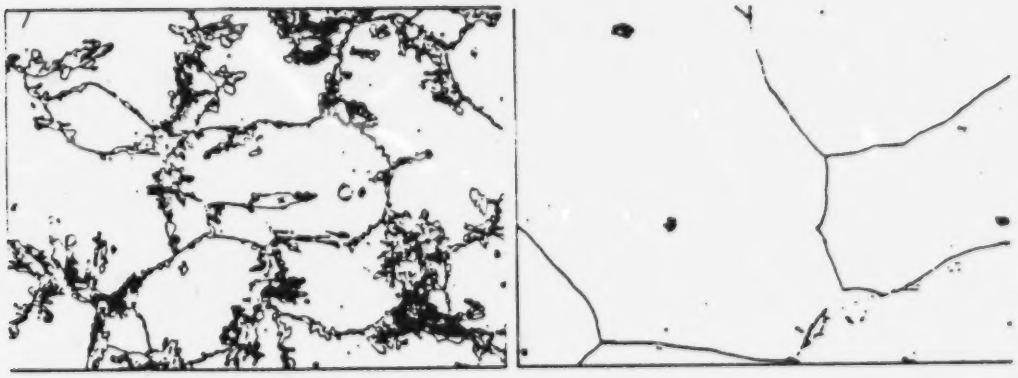
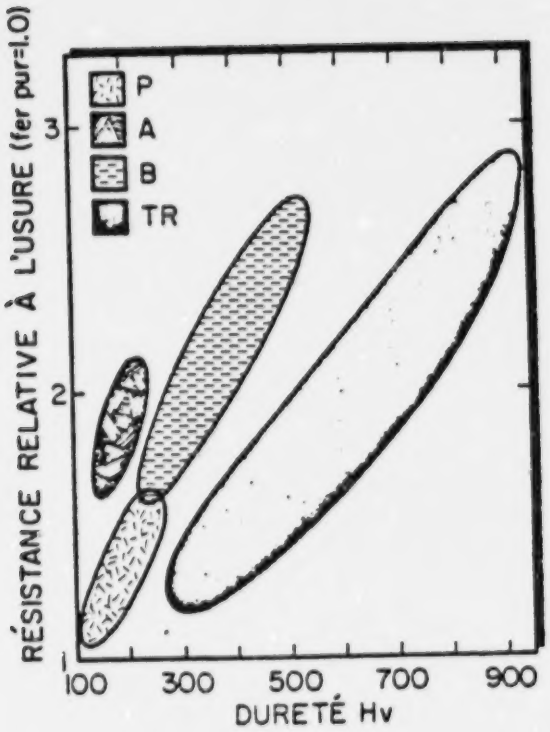
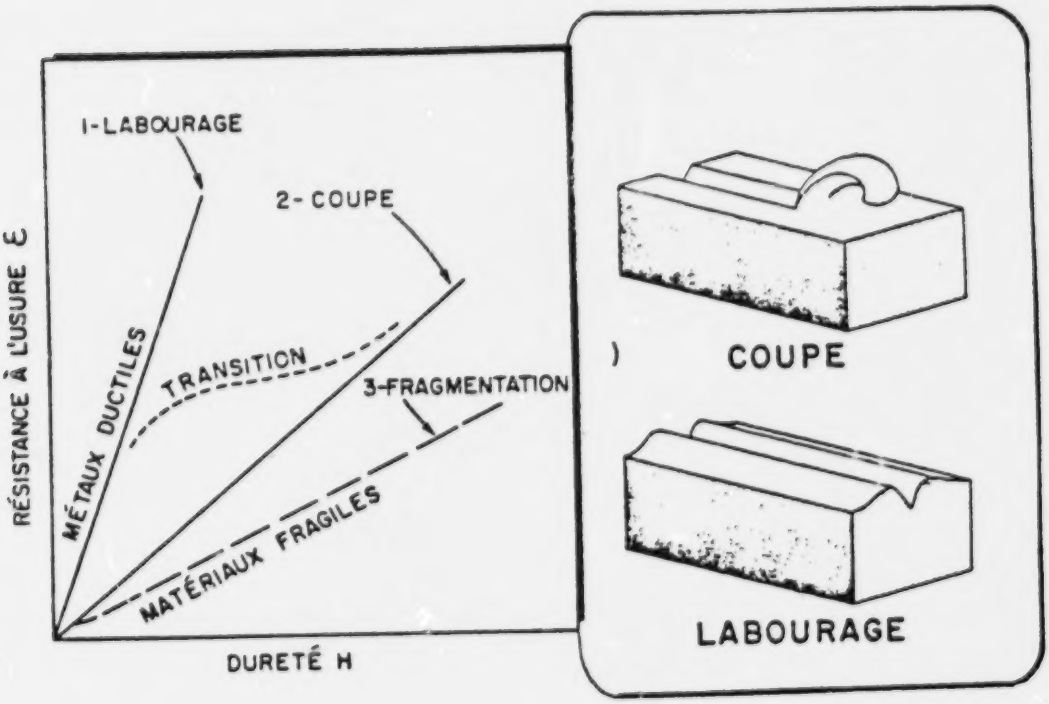
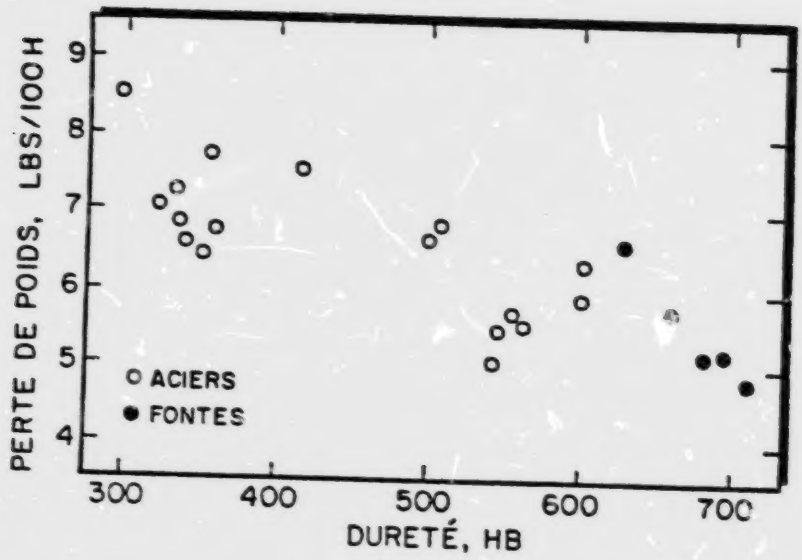


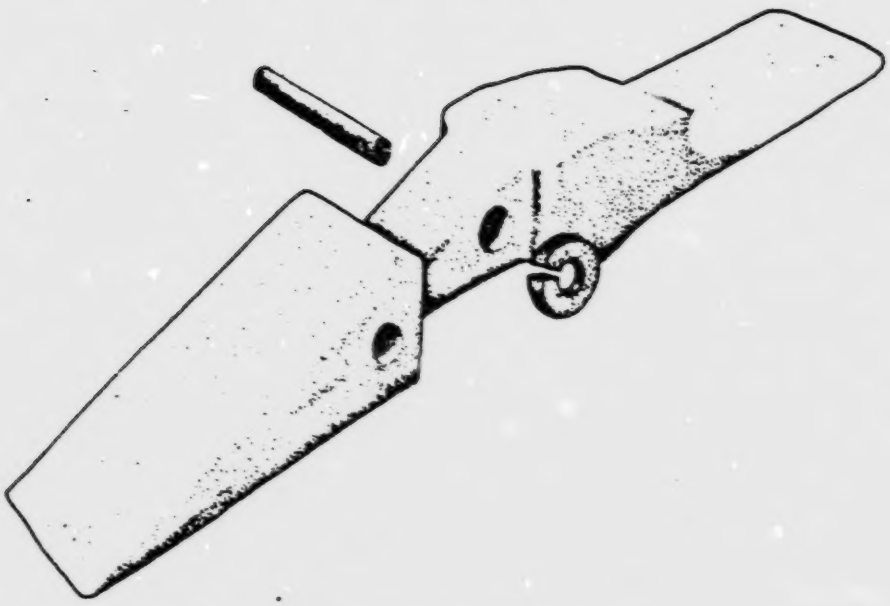
Table 2. Hardness and Impact Strengths of Cast Rail Frog Steels

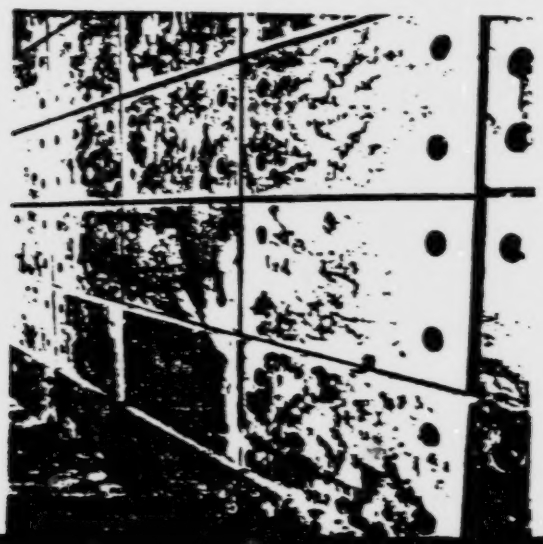
Condition	Heat-Treated Mn Steel		As-Cast Mn-Mo Steel	
	Hardness, HB	Charpy U-Notch,* J/cm²	Hardness, HB	Charpy U-Notch, J/cm²
Weld Junction Line	195	36-72	210	100-160
Heat-Affected Zone	198	6-22	240	100-200

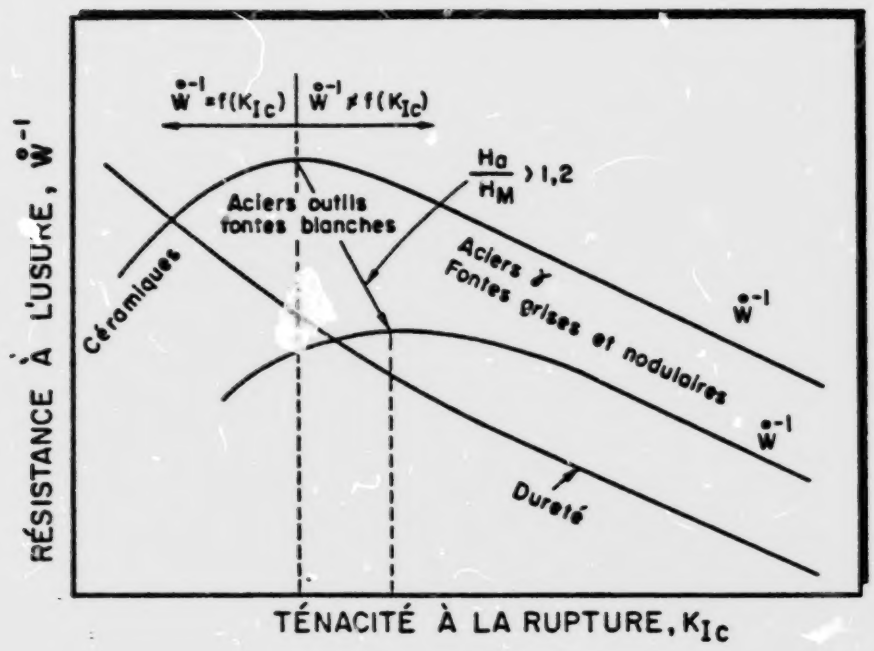

RÉSISTANCE RELATIVE À L'USURE (fer pur=1.0)
P
A
B
TR
3
2
1
100
300
500
700
900
DURETÉ Hv

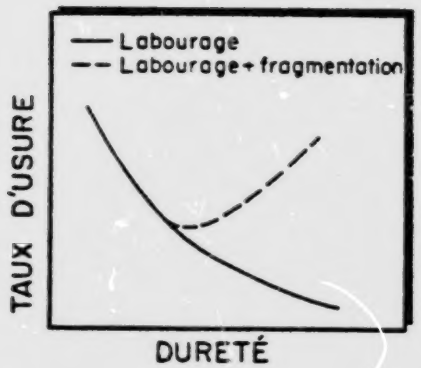

1-LABOURAGE
2- COUPE
3-FRAGMENTATION
TRANSITION
MÉTAUX DUCTILES
MATÉRIAUX FRAGILES
RÉSISTANCE À L'USURE ε
DURETÉ H
COUPE
LABOURAGE

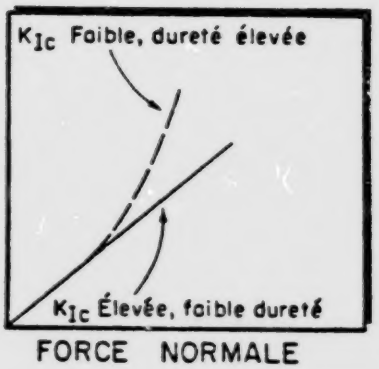

PERTE DE POIDS, LBS/100H
9
8
7
6
5
4
ACIERS
FONTES
300
400
500
600
700
DURETÉ, HB

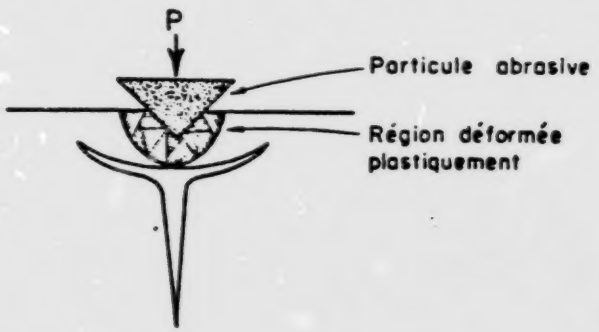





$\dot{W}^{-1} = f(K_{Ic})$
$\dot{W}^{-1} \neq f(K_{Ic})$
$\frac{Ha}{H_M} > 1,2$
Aciers outils fontes blanches
Céramiques
Aciers γ Fontes grises et nodulaires
$\dot{W}^{-1}$
$\dot{W}^{-1}$
Dureté
RÉSISTANCE À L'USURE, $\dot{W}^{-1}$
TÉNACITÉ À LA RUPTURE, K_{Ic}

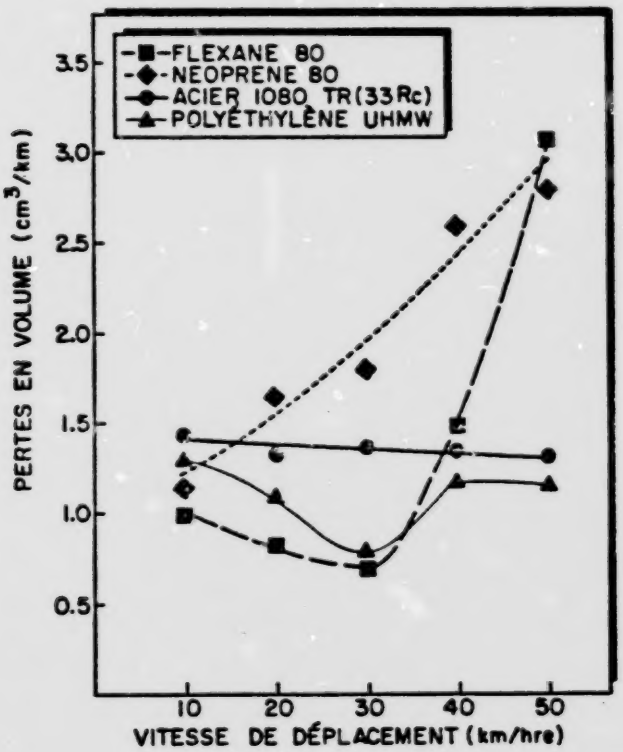

Labourage
Labourage + fragmentation
TAUX D'USURE
DURETÉ


K_{Ic} Faible, dureté élevée
K_{Ic} Élevée, faible dureté
FORCE NORMALE


P
Particule abrasive
Région déformée plastiquement

ESSAIS D'ABRASION SUR ROUTE

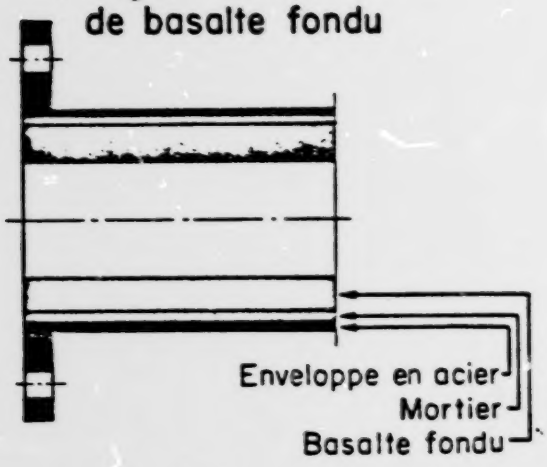
PERTES EN VOLUME vs VITESSE DE DÉPLACEMENT

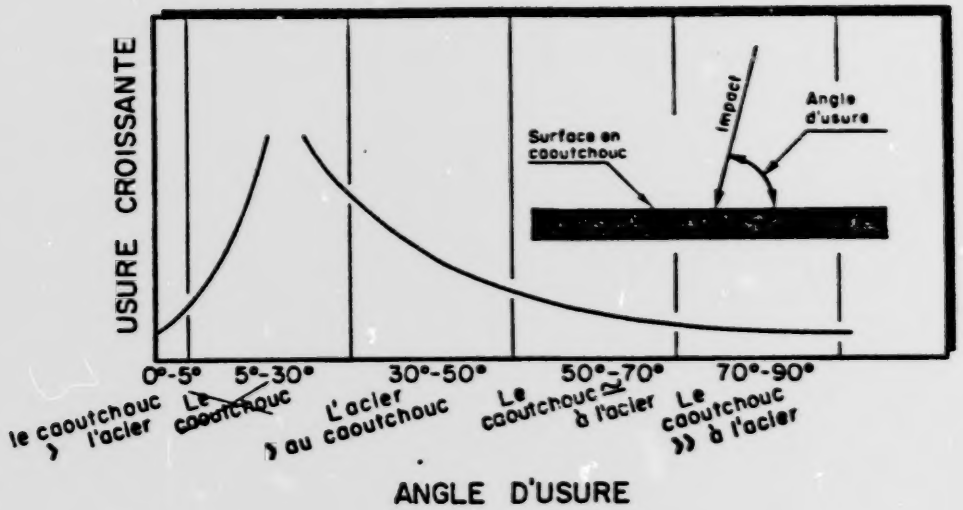


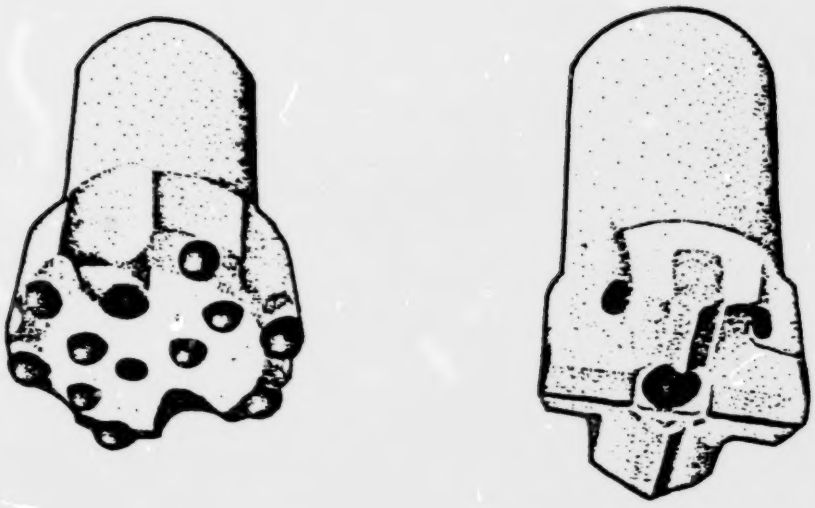
Teneurs en %

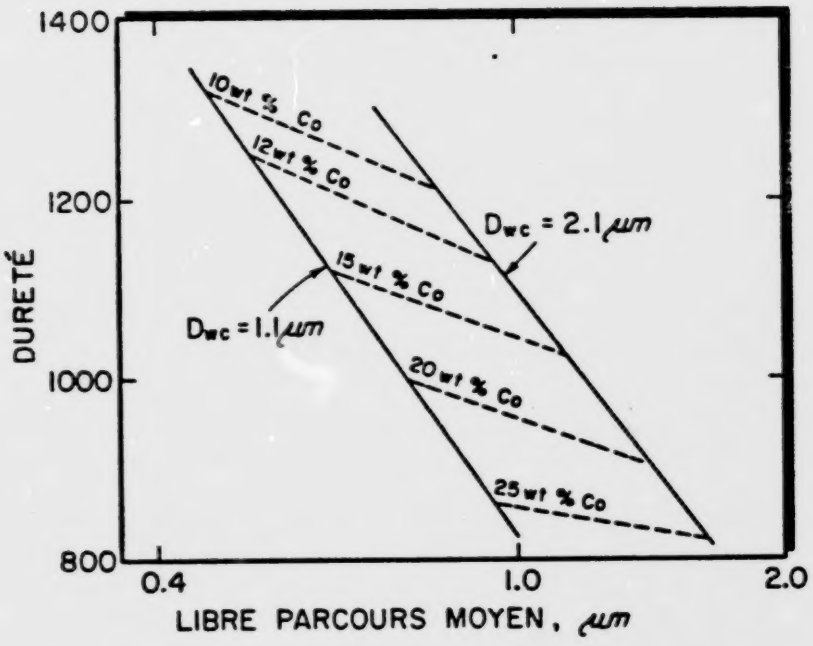
45-48	SiO_2
14-16	Al_2O_3
12-14	Fe_2O_3 et FeO
10-12	CaO
8	MgO
6	K_2O et Na_2O
2	TiO_2

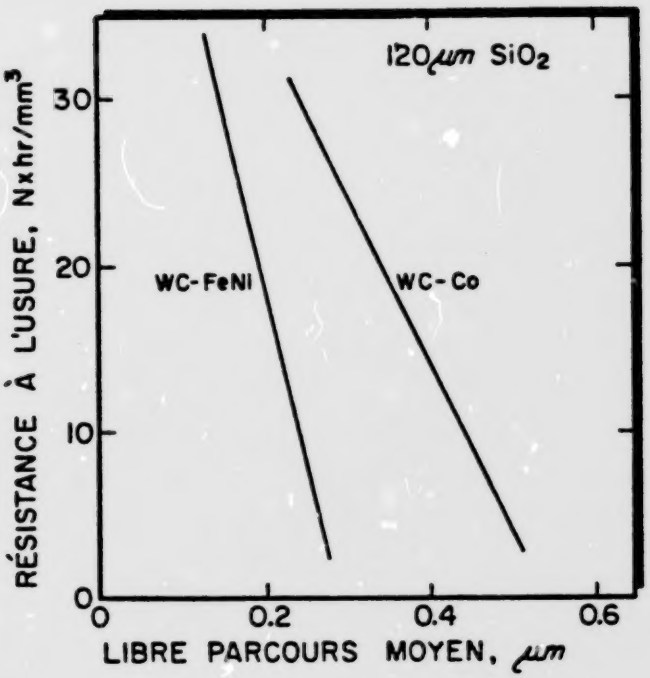
Tuyaux revêtus de basalte fondu

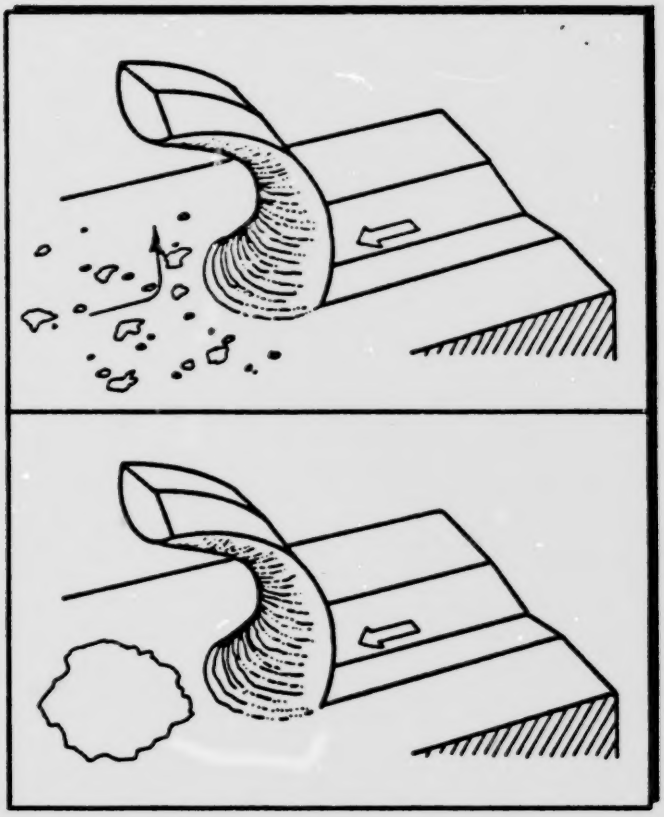







1400
1200
1000
800
DURETÉ
10 wt % Co
12 wt % Co
15 wt % Co
20 wt % Co
25 wt % Co
Dwc = 2.1 µm
Dwc = 1.1 µm
0.4
1.0
2.0
LIBRE PARCOURS MOYEN, µm


120μm SiO2
RÉSISTANCE À L'USURE, N x hr/mm3
30
20
10
0
0
0.2
0.4
0.6
LIBRE PARCOURS MOYEN, μm
WC-FeNi
WC-Co



PROPRIETE	CHARGE ELEVEE ABRASIF DUR ET GROSSIER	FAIBLE CHARGE ABRASIF MOU ET PLUTOT ROND
PROPRIETES MECANIQUES		
H	OPTIMUM p/r K_c	MAX...,>0,6 $H_{abrasif}$
K_c	MAX....,	OPTIMUM p/r H
PROPRIETES DE LA MICROSTRUCTURE		
MATRICE		
$H_{matrice}$	OPTIMUM p/r A LA TENACITE	MAX.,
n	MAX	MAX.,
DUCTILITE & TENACITE	MAX	OPTIMUM p/r $H_{matrice}$
PHASE DISPERSEE		
H	MAX..,p/r $H_{abrasif}$ et $H_{matrice}$	
DIMENSION	MAX.., >P	
CONTENU	OPTIMUM ENTRE 30-50 % VOL.	

BIBLIOGRAPHIE

1) H.E. Chandler, "Key Developments in Materials that Inhibit Wear", Metal Progress, July 1984, pp. 23-31.

2) D.L. Albright and D.J. Dunn, "Wear Behavior of Iron and Steel Castings for the Mining Industry", Journal of Metals, Nov. 1983, pp. 23-29.

3) R.A. Eaton, "Wear in Mining Equipment", Conference on Lubrication Friction and Wear in Engineering, 1980, pp. 107-111.

4) J. Lot et J. Mounier, " La lutte contre l'usure dans la manutention et la préparation de matériaux en vrac", Industrie Minérale,
   1° partie, Mars 1984, pp. 123-134,
   2° partie, Mai 1985, pp. 309-313.

5) T.S. Eyre, "The Mechanisms of Wear", Tribology International, April 1978, pp. 91-96.

6) J. Larsen-Basse, "Effect of Composition, Microstructure and Service Conditions on the Wear of Cemented Carbides", Journal of Metals, Nov. 1983, pp. 35-42.

7) H. Czichos, "Tribology: Scope and Future Directions of Friction and Wear Research", Journal of Metals, Sept. 1983, pp. 18-20.

8) R.T. Spurr, "The Abrasive Wear of Metals", Wear, 65(1981), pp. 315-324.

9) A.H. Grevby, "The use of Rubber to Combat Wear in Extraction Industries", Conference on Lubrication Friction and Wear in Engineering, 1980, pp. 118-121.

10) M. Fiset et G. Huard, "L'usure abrasive des matérieux", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 22, No 2, (1983), pp. 157-165.

11) D. Dowson, History of Tribology. Longman, London (1979).

12) T.S. Eyre,"Wear Resistance of Metals, Treatise on Materials Science and Technology",Vol. 13, Wear. Douglas Scott, Academic Press (1979).

13) Wear and Fracture Prevention. American Society for Metals (1981). Proceedings of a conference held 21-22 May 1980, Peoria, Illinois.

14) Metallurgical Aspects of Wear,Deutche Gesellschaft für Metalllunde (1981).

15) Maîtriser l'usure et le frottement. La documentation française (1980).

16) Fundamentals of Friction and Wear of Materials. American Society for Metals (1981).

17) Source Book on Wear Control Technology. American Society for Metals (1978).

18) D.F. Moore, Principles and Applications of Tribology. Pergamon Press (1975).

19) Wear of Materials, 1977, 79, 81, 83, 85. The American Society of Mechanical Engineers.

20) The Journal of Molybdenum Technology, Vol 8, No 2, 1985 et Vol 5, No 2, 1982.

21) Materials for the Mining Industry, climax Molybdenum Co. (1974).

USURE DES CORPS BROYANTS:

IDENTIFICATION MODELISATION OPTIMISATION

Gilles Barbery
Directeur
Département Mines et Métallurgie
Université Laval
Québec

PLAN

1.Importance de l'usure des corps broyants dans l'industrie minérale

2.Type de matériaux utilisés

3.Problèmes rencontrés dans la détermination de l'usure

4.Utilisation des techniques de marquage

5.Modèlisation de l'usure et calibration des modèles

6.Possibilités d'optimisation

7.Conclusions

Problèmes rencontrés dans la détermination de l'usure:

- le nombre de phénomènes physiques mis en cause est très important :
  - abrasion
  - corrosion : piqûre+détachement, généralisée, galvanique
  - rupture

- l'état des contraintes des matériaux d'usure dans les broyeurs n'est pas connu,
  donc impossible à mettre à l'échelle

- l'importance relative de chacun des mécanismes conduisant à une perte de métal dépend de l'état de contrainte, et donc de l'échelle,
  c'est à dire du diamètre du broyeur, de la dimension des corps broyants, de la dimension des particules...

- en particulier ces éléments semblent condamner les possibilités de réaliser des expériences de laboratoire

METHODES UTILISEES INDUSTRIELLEMENT :

- mesure directe (exprimée en g/t de minerai traité, mais pourrait mieux être caracterisée en g/h):

  - maintien d'un point de consigne (niveau de la charge dans le broyeur)

  - correction par pesée lorsque l'on vide le broyeur

- la cinétique de consommation est lente (rapport masse/consommation de l'ordre du mois) conduisant à des experiences d'une durée minimale de six mois pour tout changement de matériau
  - problème de la variabilite du minerai

POSSIBILITES OFFERTES PAR LA TECHNIQUE DES CORPS BROYANTS MARQUES

IDEE : Mesure l'usure de boulets par pesée

INTERET: Possibilité de comparer le comportement de divers materiaux dans des conditions identiques et à pleine échelle:

pour le broyeur : diamètre, vitesse de rotation, remplissage, type d'écoulement...

pour les corps broyants : forme, dimension, répartition granulometrique

pour le minerai : forme et dimension des particules, broyabilité, abrasiveté, composition minéralogique

TECHNIQUES EXPERIMENTALES

1. selection de 5 à 15 boulets pour l'essai de marquage (+ même quantite de boulets standards = en cours d'utilisation)

2. Caractérisation physique et métallographique des boulets (diamètre, masse volumique, profil de dureté, profil de texture metallographique...)

3. conditionnement des boulets pour enlever les couches externes d'altération ou de décarburation

4. marquage des boulets (percage de trous de 6mm de diamètre et d'une profondeur representant les 3/4 du volume du boulet, pesée de chaque boulet, dépot d'une plaque d'identification, remplissage du trou par de l'alliage de Woods)

5. injection des boulets dans le broyeur, en même temps. Récupération des boulets marqués dans le broyeur. Pesée des boulets. Réinjection.

6. pendant la campagne d'essai, on doit noter avec soin le tonnage traité, la durée de fonctionnement, identifier le caractère corrosif de la solution aqueuse, récuperer les boulets qui sortent du broyeur afin de les peser et d'en apprécier la repartition granulométrique, quantifier la consommation de boulets standard, apprécier la répartition granulométrique de la charge dans le broyeur

MODELE DE L'USURE DES BOULETS

Relation entre dM/dt et M :

$dM/dt = -kM$ perte de masse proportionnelle a la masse

ou

$dM/dt = -k'M^{2/3}$ perte de masse proportionnelle a la surface

en fait, les deux sont equivalent pour M(t)/Mo faible

On peut poser

$-dM/dt = f(M)$

Soit dN(M)/dM la fraction en nombre de boulets présents dans le broyeur, en régime d'équilibre, et ayant une masse comprise entre M et M + dM,

un bilan d'usure peut s'obtenir simplement par

$$dN(M)/dM = \frac{nt}{Nt} \quad \frac{1 - n(M)}{f(M)}$$

dans laquelle n(M) est la fraction en nombre de boulets ajoutés ayant une masse inférieure a M,
Nt est le nombre de boulets dans le broyeur par unité de masse de charge
nt est le débit numérique d'ajout de boulets par unite de masse de charge

Par intégration, suivant la détermination de f(M), on peut obtenir la consommation de boulets et la répartition granulometrique des boulets dans le broyeur.

EXEMPLE

De nombreux chercheurs ont trouvé :

$dD/dt = - kD$, ce qui est équivalent à $dM/dt = - k'M^{2/3}$

Si le broyeur est alimenté avec des boulets d'une seule masse M1 (ou d'un seul diametre D1) :

$$dN(M)/dM = \frac{nt}{Nt} \frac{1}{k' M^{2/3}}$$

et par intégration jusqu'aux plus petits boulets dans le broyeur (masse Mmin) :

$$N(M) = \frac{nt}{Nt} \frac{1}{k'} 3 (M^{1/3} - Mmin^{1/3})$$

en raison de la contrainte aux limites :

$$N(M) = \frac{M^{1/3} - Mmin^{1/3}}{M1^{1/3} - Mmin^{1/3}}$$

La masse de boulets correspondant à Nt (=1 par définition) est : $\int_{Mmin}^{M1} M\,Nt\,dN(M) = \frac{nt}{k'}\,\frac{3}{4}\,(M1^{4/3} - Mmin^{4/3}) = 1$

ce qui donne la consommation en boulets (en kg/h) pour une charge totale de T:

$$\text{usure} = \frac{4k'M1\,T}{3(M1^{4/3} - Mmin^{4/3})}$$

La répartition granulometrique des boulets dans le broyeur est alors :

$$Y \text{ (fraction en masse plus petit que D)} = \frac{D^4 - D_{min}^4}{D1^4 - D_{min}^4}$$

POSSIBILITES OFFERTES PAR LA METHODE

OPTIMISATION DES CORPS BROYANTS

POUR MINIMISER LE COUT D'USURE

La méthode permet la comparaison rapide de différents matériaux (nuance d'acier, traitement physique,...) dans des conditions identiques

La modélisation permet de prédire la consommation réelle et l'influence de certains paramètres (dimensions des boulets ajoutés, dimension de boulets qui sortent du broyeur) sur la consommation, permettant d'en faire une optimisation économique

Elle permet également de relier les modèles de simulation du broyage, qui sont très développés pour l'optimisation des circuits de broyage, et celui proposé pour l'usure des corps broyants afin de prendre en compte l'impact de modification des matériaux d'usure sur la capacité du broyage et la répartition granulométrique des produits.

USURE PAR ABRASION DES PLASTIQUES ET COMPOSITES

S.M.H. Bensbdallah, J.-P. Chalifoux
École Polytechnique de Montréal

L'utilisation accrue des matériaux plastiques dans la fabrication des pièces mécaniques a entraînée un intérêt nouveau à la tribologie et particulièrement au domaine de l'usure.

L'usure par abrasion, phénomène assez bien défini, mais encore difficilement prévisible quantitativement d'une manière précise, à cause du manque relatif de données expérimentales, est devenue une des priorités des chercheurs dans plusieurs disciplines.

Une propriété typique de résistance à l'usure d'un matériau ne peut pas être avancée sans prendre en considération les conditions externes.

Le mécanisme de l'usure par abrasion sera donc présenté, ainsi que les modèles théoriques semiés de calcul et d'évaluation du volume d'usure. Il sera aussi question des équipements et appareillages normalisés ou non existants permettant d'effectuer des essais d'usure et de leurs particularités.

Finalement, certains résultats représentant la dépendance de l'usure de certains plastiques et composites, et les paramètres les plus importants feront aussi l'objet de la présentation. Ces résultats sont tirés des conclusions des travaux de différents chercheurs et fabricants.

L'USURE ABRASIVE, UN COMBAT

SEMINAIRE ASM-IGM

Boucherville, le 24 mars 1986

ABRASION DANS LES SYSTEMES LUBRIFIES

CLERMONT ROY
UNIVERSITE DE SHERBROOKE

RESUME

Après quelques rappels sur la nature du film lubrifiant en régime hydrodynamique, les différentes sources de contamination affectant la portance de ce film seront discutées. Des exemples illustrant les conséquences d'entraînement des particules abrasives dans le système de lubrification des paliers, des coussinets et des engrenages démontreront la nécessité d'assurer un contrôle d'entretien adéquat. Certaines techniques économiques permettant d'évaluer le taux de contamination de la machine industrielle seront examinées.

ABRASION DANS LES SYSTÈMES LUBRIFIÉS

CLERMONT ROY - PROFESSEUR
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

PLAN DE LA PRESENTATION:

I - FORMATION DU FILM LUBRIFIANT
(HYDRODYNAMIQUE - HYDROSTATIQUE - RHÉODYNAMIQUE)

II - SOURCES ET TYPES DE CONTAMINATION
(NOUVEAU LUBRIFIANT - CONTAMINATION GÉNÉRÉE - ENVIRONNEMENT)

III - MÉCANISMES DE DÉGRADATION DES SYSTÈMES LUBRIFIÉS

IV - SPÉCIFICATION DES NIVEAUX DE CONTAMINATION

V - MOYENS DE CONTRÔLE DE LA CONTAMINATION

I- FORMATION D'UN FILM DE LUBRIFIANT

1.1 Généralités

Dans les systèmes mécaniques, de nombreuses pièces doivent se déplacer les unes par rapport aux autres: c'est le cas des paliers, des butées, des glissières, etc. Dans tous les cas, on cherche à diminuer la force de frottement en interposant entre les surfaces en mouvement relatif un lubrifiant dont la résistance au cisaillement soit très inférieure à la résistance au cisaillement des métaux constituant les pièces.

Les méthodes d'introduction de ce film de lubrifiant et l'analyse des phénomènes qui apparaissent lors du mouvement relatif des pièces lubrifiées font l'objet de l'étude de la lubrification qui n'est pas l'objectif de ma présentation.

1.2 Fonctionnement du film lubricant

* LUBRIFICATION HYDRODYNAMIQUE - Exemple: palier lisse

La pression nécessaire pour séparer l'arbre du coussinet est générée à l'intérieur même du film par le mouvement relatif de l'arbre et de la surface portante (coussinet).

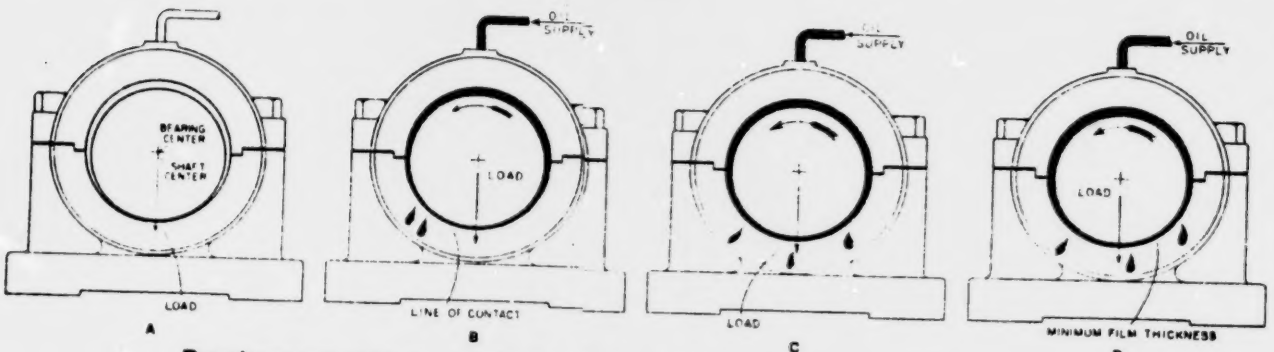
* LUBRIFICATION HYDROSTATIQUE - Exemple: palier hydrostatique

La pression nécessaire pour maintenir l'arbre flottant sur le film lubrifiant est fournie par une pressurisation externe (pompe).

* LUBRIFICATION RHEODYNAMIQUE ET RHEOSTATIQUE

Termes utilisés occasionnellement pour décrire une lubrification par des graisses soit du type hydrodynamique ou hydrostatique.

** EXEMPLE DE FORMATION DU FILM LUBRIFIANT



Development of Hydrodynamic Film in a Full Journal Bearing With Downward Load

A: A l'arrêt, l'arbre repose sur le coussinet-contact métal-métal.

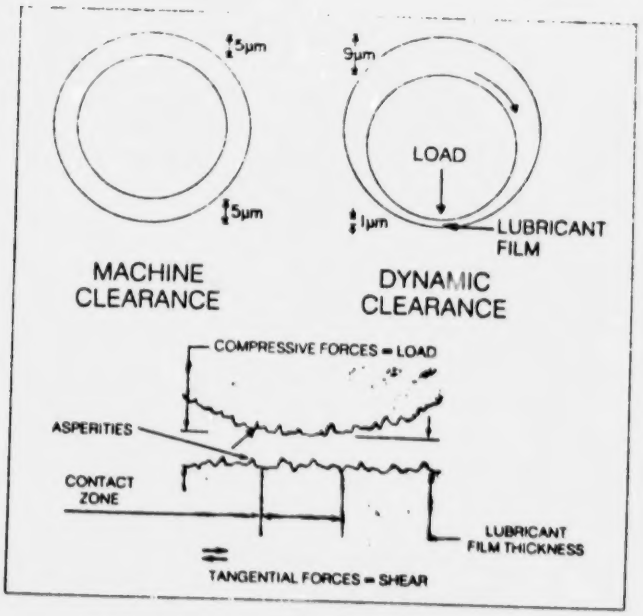
B: Au départ, la friction est momentanément élevée et l'arbre se déplacera en roulant sur le coussinet.

C: La vitesse s'accélère, la portance du coin liquide s'accroît, l'arbre est partiellement supporté par le coin liquide.

D: La vitesse continuant à s'accroître, l'arbre est finalement repoussé par le coin liquide, jusqu'à une position d'équilibre. Il n'y a plus contact métal-métal.

ÉPAISSEURS TYPIQUES DE FILMS LUBRIFIANTS

Composantes de roulement	Épaisseur µm	Épaisseur pouce
Paliers à rouleaux	0.1 - 1	0.000004 - 0.00004
Paliers lisses	0.5 - 100	0.00002 - 0.004
Paliers hydrostatiques	1 - 25	0.00004 - 0.001
Engrenages	0.1 - 1	0.000004 - 0.00004
Joints d'étanchéité	0.05 - 0.5	0.000002 - 0.00002



Design and dynamic clearances, showing effect of lubricant film in separating asperities.

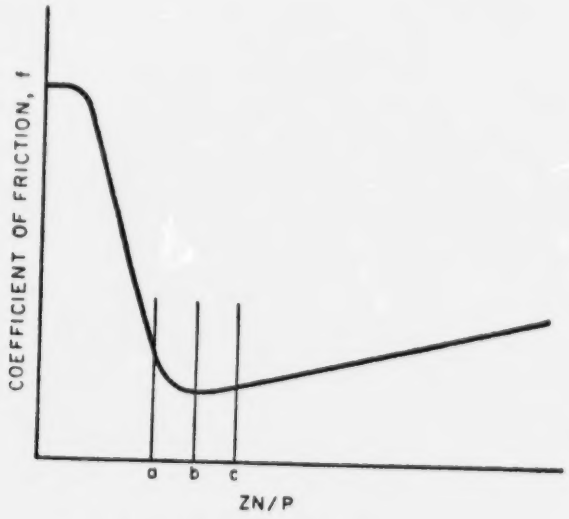
1.3 Concept pratique en design

Le coefficient de friction a une valeur minimum lorsque le palier est en régime hydrodynamique c.à.d. l'arbre flotte sur le film lubrifiant. Cependant, l'épaisseur du film lubrifiant et le coefficient de friction sont influencés par plusieurs facteurs (diamètre de l'arbre, longueur et jeu de palier; viscosité de l'huile; vitesse angulaire; charge transmise à l'arbre). La viscosité, la vitesse et la charge restent les trois paramètres d'opération à considérer attentivement. En pratique, on étudie l'effet de ces trois paramètres globalement sur le coefficient de friction tel que représenté à la figure ci-dessous.

Z = viscosité ($N.s/m^2$)

N = vitesse (m/s)

P = charge (N)

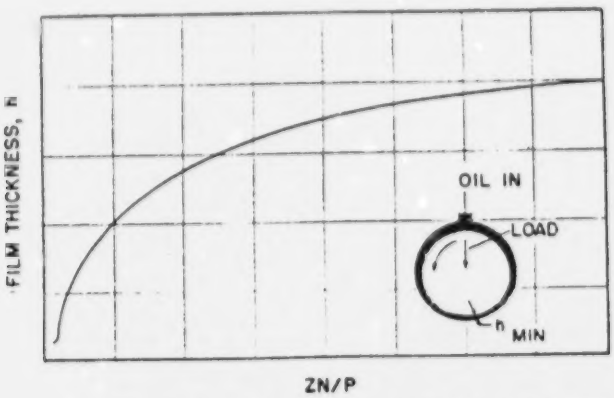


Effect of Viscosity, Speed, and Load on Bearing Friction
For each fluid film bearing, there is a characteristic relation, such as that shown, between the coefficient of friction and the factor combining viscosity (Z), speed (N), and load (P).

Bien qu'il n'existe pas de relation simple entre la variation du coefficient de friction et le terme non-dimensionnel ZN/P, il est possible d'obtenir une courbe expérimentale pour n'importe lequel palier lisse. A la droite du point (c) sur l'abcisse, le film lubrifiant existe. A la gauche du point (a), "boundary lubrication" prédomine; il existe un niveau plus ou moins important de contact métal-métal parce que le film lubrifiant ne peut plus se former, un coefficient de friction élevé résultant en un taux d'usure élevé.

Des valeurs numériques peuvent être assignées au terme ZN/P en autant qu'un choix approprié des unités pour la viscosité, la vitesse et le charge est assuré. On ne peut que trop souligner que l'utilisation de ZN/P est utile que pour mieux comprendre l'interrelation des trois facteurs Z, N et P.

Il est aussi intéressant d'examiner la relation entre l'épaisseur du film lubrifiant et le terme ZN/P représenté à la figure ci-bas:



Effect of Viscosity, Speed, and Load on Film Thickness

II- SOURCES ET TYPES DE CONTAMINATION

2.1 Solides

Les contaminants solides viennent principalement de trois sources:

* HUILE NEUVE: Entreposage dans des barils est un des problèmes:
  - condensation entraîne la corrosion interne des barils;
  - contamination par l'environnement.

  Des échantillons d'huile de fournisseurs renommés ont révélés en moyenne de 30,000 à 50,000 particules de tailles > 5 µm par 100 cc. (particules métalliques, silice, fibres).

* SYSTEME NEUF: Contamination oubliée durant l'assemblage: matière fibreuse (torchon, sable de coulée, particules d'oxyde, copeaux d'usinage, peinture détachée, etc.

*AUTO GENEREE: Contamination créée intérieurement par le fonctionnement normal d'un système mécanique.
Contamination sous forme de particules métalliques de 5 à 15 µm de tailles variées.

2.2 Les gaz

Air, oxygène, azote, hydrogène

Les huiles hydrauliques, par exemple, peuvent dissoudre normalement ∿ 8% air en volume.

Bulles d'air causent corrosion et oxydation ainsi réduisant la durée de vie de l'huile et les composantes mécaniques.

2.3 Les liquides

Contamination chimique - eau - agents chimiques de nettoyage (solvant)

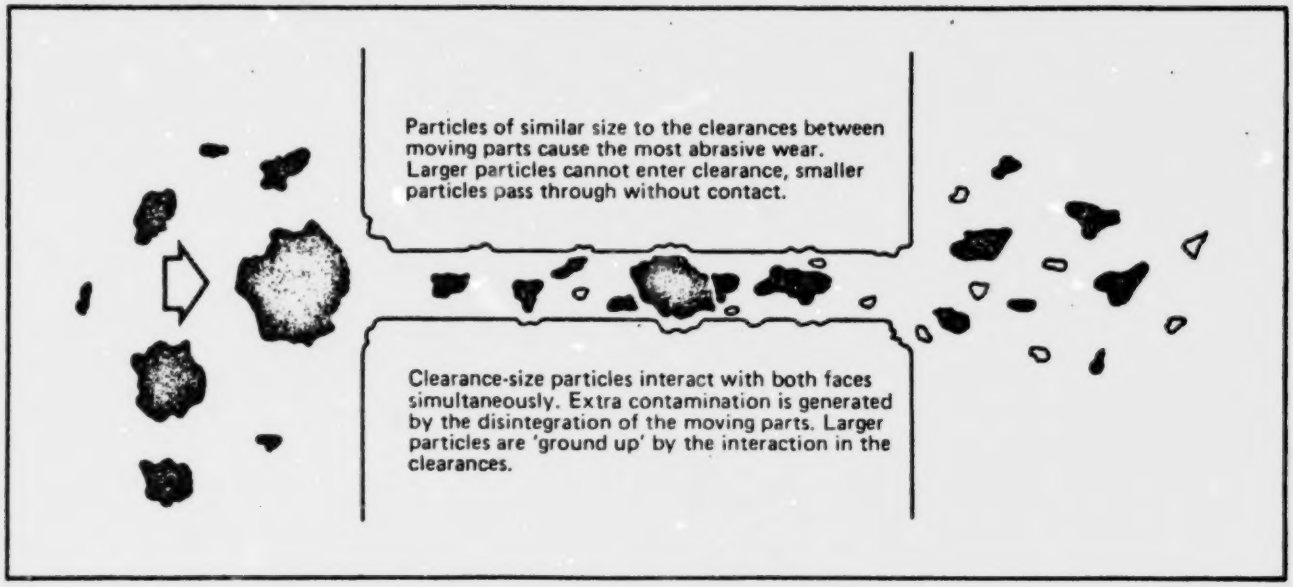
Conséquences: corrosion des composantes et dégradation du lubrifiant.

III- MECANISMES DE DEGRADATION DES SYSTEMES LUBRIFIES (CITATION)
(New Departure Engineerring Handbook, Vol. II, 7th Edition - General Motors Corp.)

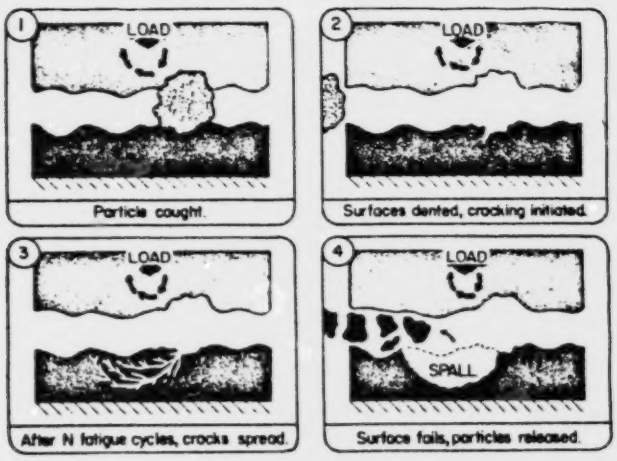
"THE PRESENCE OF DIRT OR GRIT IN BEARINGS IS RESPONSIBLE FOR OVER 90% OF ALL BEARING FAILURES; WHERE BEARINGS ARE KEPT CLEAN DURING MOUNTING, ARE LUBRICATED WITH CLEAN OIL AND ARE PROTECTED BY RECOMMENDED CLOSURES, NO DIFFICULTY SHOULD BE EXPERIENCED FROM THIS SOURCE".

Les bris (défaillances) prématurés de systèmes mécaniques bien conçus sont généralement associés à l'usure abrasive ou à la fatigue? La cause principale est la lubrification des surfaces frottantes par des huiles contaminées.

Interaction of moving parts.



Les particules qui causeront possiblement le plus d'usure sont de taille comparable à l'espace libre entre les surfaces en mouvement relatif. Ces particules interagissent avec les aspérités de la surface, et causent éventuellement l'effritage de la surface par un mécanisme de fatigue tel ou schématisé ci-bas.



Fatigue wear of bearing surfaces.

IV- NIVEAUX DE CONTAMINATION

De ce que nous venons de discuter, il semble clair que:

1. Lorsqu'une particule de taille critique se présente au mauvais endroit, elle peut causer la défaillance du système de lubrification et en conséquence le système mécanique.

2. Les surfaces en mouvement relatif doivent être séparées par un film lubrifiant; l'épaisseur duquel peut varier constamment. Quand des matières contaminantes se coincent dans cet espace libre, l'usure des surfaces se produira, générant ainsi un taux élevé de débris, qui par la suite peuvent être broyés en de plus petites particules. Si présentes en grande quantité ces fines, éventuellement bloqueront les orifices d'alimentation de l'huile aux éléments en rotation.

3. L'objectif vise donc à pouvoir obtenir la combinaison d'un contrôle de la contamination de façon à ce qu'un niveau acceptable de contamination soit maintenu en tout temps de l'opération. Ceci assurera une longévité raisonnable des pièces pour des conditions d'opération connues.

V- PROPRETE DU SYSTEME LUBRIFIE

* Pour définir le niveau de propreté d'une huile, il faut obtenir un échantillon représentatif d'huile en circulation dans le système lubrifié.

* Les codes (ISO 4406 and SAE J 1165) recommandant des méthodes d'échantillonnage et de "standards" de propreté sont conseillés à suivre.

* Le code "ISO Solid Contamination" est construit à partir de deux intervalles numérotés:

  a) le premier intervalle représente le nombre de particules présent dans un échantillon de 100 cc d'huile, dont la taille est plus grande que 5 µm.

  b) le deuxième intervalle représente le nombre de particules plus grosse que 15 µm dans le même échantillon d'huile (voir tableau et figures illustrant le système utilisé en pratique).

* Les niveaux de contamination généralement acceptés pour différents systèmes mécaniques en accord avec une fiabilité reconnue donnent les résultats suivants: (voir tableaux et figures)

Number of particles per 100 mL		Range number
More than	Up to and including	
8×10^6	18×10^6	24
4×10^6	8×10^6	23
2×10^6	4×10^6	22
1×10^6	2×10^6	21
500×10^3	1×10^6	20
250×10^3	500×10^3	19
130×10^3	250×10^3	18
64×10^3	130×10^3	17
32×10^3	64×10^3	16
16×10^3	32×10^3	15
8×10^3	16×10^3	14
4×10^3	8×10^3	13
2×10^3	4×10^3	12
1×10^3	2×10^3	11
500	1×10^3	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6
16	32	5
8	16	4
4	8	3
2	4	2
1	2	1

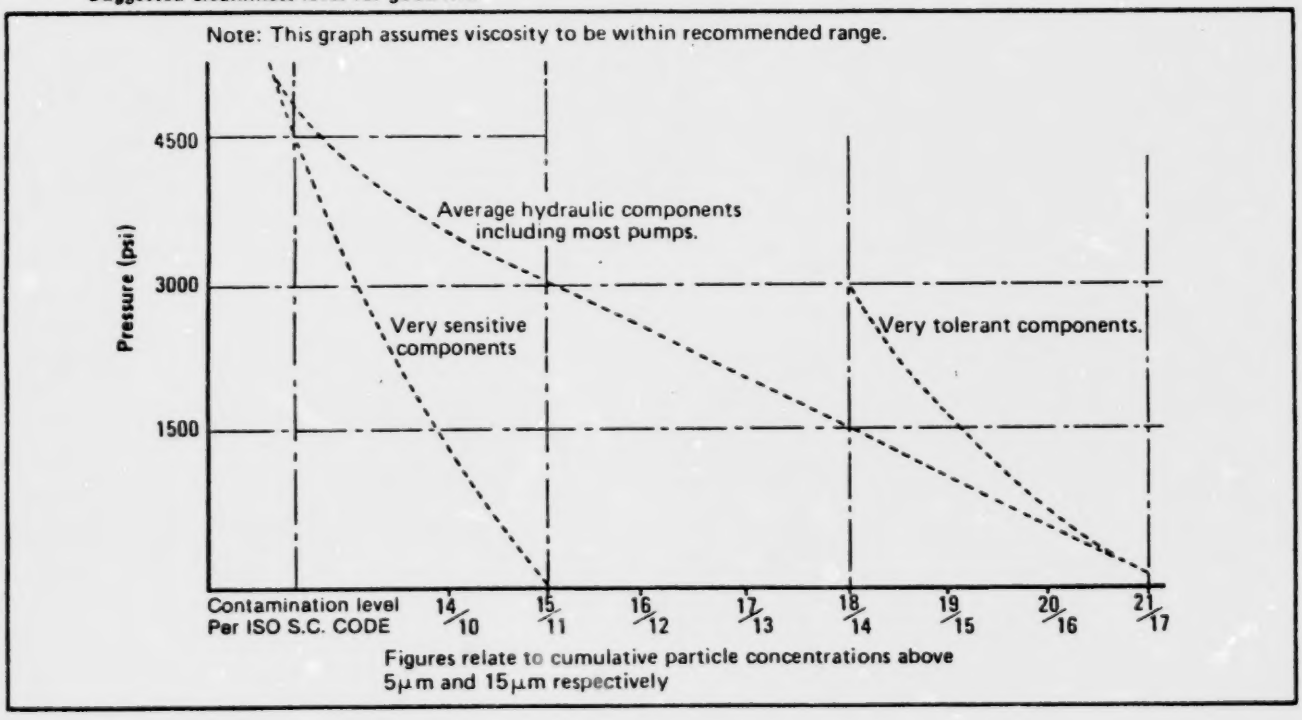
BSI/ISO RANGE NUMBERS

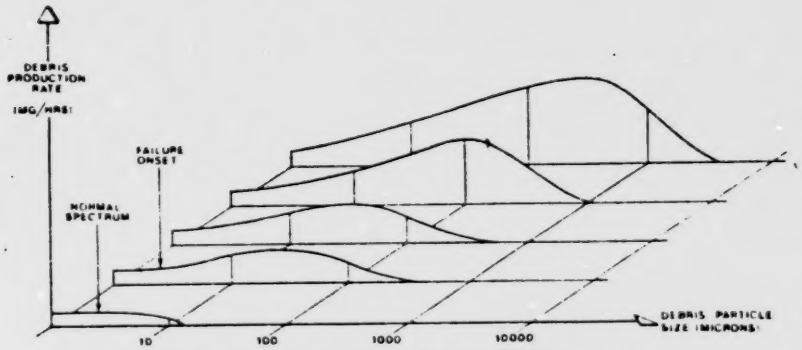
For example code 18/13 indicates that there are between 130,000 and 250,000 particles larger than 5 microns and between 4,000 and 8,000 particles larger than 15 microns.

Suggested acceptable contamination levels for various hydraulic systems.

TARGET CONTAMINATION CLASS TO CETOP RP70H		SUGGESTED MAXIMUM PARTICLE LEVEL		SENSITIVITY	TYPE OF SYSTEM
5μm	15μm	5μm	15μm		
13	9	8,000	500	Super critical	Silt sensitive control system with very high reliability. Laboratory or aerospace.
15	11	32,000	2,000	Critical	High performance servo and high pressure long life systems, i.e. aircraft, machine tools, etc.
16	13	64,000	8,000	Very important	High quality reliable systems. General machine requirements.
18	14	250,000	16,000	Important	General machinery and mobile systems. Medium pressure, medium capacity.
19	15	500,000	32,000	Average	Low pressure heavy industrial systems, or applications where long life is not critical.
21	17	2,000,000	130,000	Main protection	Low pressure systems with large clearances.

Suggested cleanliness level for good life.





Debris Particle Spectrum, Fatigue-Failure

BIBLIOGRAPHIE

1. Industrial Tribology - The Practical Aspects of Friction, Lubrication and Wear - Editors, M.H. Jones et D. Scott Elvesier Scientific Co. 1983

2. Wear - A Celebration Volume - (Duncan Dawson Editor) Elsevier 1985

3. Wear Control Handbook ASME - 1980 - Peterson and Winer

4. Conditioning Monitoring 84' Mervin Jones - Pineritge Press Ltd.

5. Guidelines to Contamination Control in Hydraulic Fluid Power Systems - P. 5 1985 - The Association of Hydraulic Equipment Manufacturers (AHEM), London England

6. The Pall Lubrication Filter Guide - RPA/SP/2M/285 Pall Industrial Hydraulics Ltd. - Portsmouth England

7. Protect your Engines and Transmission - Bulletin QDM '84 TEDECO - Muerhead Vactric Components Ltd. - Kent England

8. Effective Contamination Control in Fluid Power Systems Vickers Inc. - Wellesley House - 202/204 London Road Waterlooville Hants - England

Sherritt Gordon Mines Limited

WEAR PROTECTION FOR THE MINING INDUSTRY

J. Tameling

Sherritt Gordon Mines Limited

To be Presented at an Abrasive Wear Seminar

March 24, 1986 Boucherville, Quebec

Sponsors: Industrial Materials Research Institute
National Research Council of Canada
Montreal Chapter of the American Society for Metals

WEAR PROTECTION FOR THE MINING INDUSTRY

ABSTRACT

Material losses resulting from severe abrasive wear in the mining industry can be reduced by the careful use of supplementary wear protection.

A wear protection system using conventional arc stud welding equipment and abrasion resistant studs is described and compared to conventional techniques.

The metallurgical properties of the wear resistant alloys used in this system are reported, along with laboratory and field test data that support in service performance. Economic benefits are also reviewed.

Ongoing evaluations of more wear resistant or cost effective alloys are briefly discussed.

Abrasive Wear

The material losses resulting from abrasive wear on mining and earth moving equipment have been studied and estimated by many agencies. While it is obvious these losses cannot be eliminated, every effort must be made to reduce them to economically acceptable levels.

The wear mechanisms that produce these losses can be loosely classified into three groups: low stress (scratching) abrasion, medium stress (grinding) abrasion, and high stress (gouging) abrasion. These three groups can be further defined as involving two-body wear, three-body wear, or erosion, with some overlap occurring (Figure 1). Two-body wear, defined as material removal by abrasive particles that are somewhat fixed, is prevalent in the excavation and transport of minerals, e.g. excavator shovels and buckets/chute liners/hauling equipment boxes (unloading).

Three-body wear, defined as material removal by abrasive particles that are trapped between two bearing surfaces and are free to roll, is most prevalent in mineral size reduction treatments, e.g. crushers/grinders/rod and ball mills.

Erosion wear is defined as material removal by the impingement of abrasive partices on a surface at some angle, which may vary from small grazing values to 90° for perpendicular impact, e.g. conveyor dump boxes and transfer points, hauling equipment boxes (loading), crusher grizzly bars.

Overlap in wear mechanisms occurs and it has been shown by Misra and Finnie[1] that the material removal mechanisms for two-body wear and low angle erosion are similar, as are the mechanisms for three-body wear and high angle erosion.

It should be emphasized that the abrasive stress levels referred to in Figure 1 are not simply the product of the forces acting on the two interacting surfaces, but are also influenced by: the relative hardness of the two surfaces, the shape and size of abrasive particles, and the velocity between the two surfaces. This leads to situations where the actual wear rates for low or medium stress abrasion can exceed that occurring from high stress abrasion. The Alberta Tarsands is a good example of this phenomenon.

This observation is supported in part by experimental work done by Misra and Finnie[1] which showed that two-body wear could be expected to be 9-12 times more effective in removing material than three-body abrasion.

This brief, and by no means complete, review of wear mechanisms should serve to show that the control of material losses due to such varied and changing mechanisms can be challenging.

Wear Protection

As mankind continues to scratch away on the surface of Mother Earth, significant advances in reducing wear losses have been accomplished.

These accomplishments have resulted from both the efforts of the original equipment manufacturers (OEM) in their objectives to produce and sell better and more productive equipment, and by the end users themselves, in their efforts to improve on productivity and service lives of the equipment.

The OEM's have been able to reduce wear losses on their equipment by incorporating design changes and better material selections. The equipment users have relied upon supplementary wear protection techniques that have been developed for their special applications.

The more common methods of supplementary wear protection have been listed by Cook[2] as alloy steel plate, cast alloy plate, or bulk welded plate. These plate forms of protection are welded or bolted onto equipment in areas needing protection.

Hardfacing overlays, usually weld deposited, are also very effective wear protection. Hardfacing is a practical solution to the hardness versus toughness compromise that often occurs in wear situations.

In many hardfacing applications more efficient use of the hardfacing deposits can be accomplished by spacing the weld beads in parallel rows, cross hatch patterns or rosettes.

Farmer[3] points out that selective use of these patterns can also result in the trapping of a static bed of abrading material that contributes to overall wear protection.

In all of these supplementary wear protection systems, the reduction in wear losses results from metallurgical changes at the wearing surface. It has been shown by many authors that increasing the bulk hardness of the wearing surface by increasing carbon content and/or alloying elements in essence reduces the relative hardness difference between the abrasive and the wearing surface. Often the most effective wear resistant alloys for a particular application have sufficient carbon content and alloying additions so that along with an increase in bulk hardness the formation of secondary harder phases (carbides) occurs.

A New Approach

A new method of wear protection utilizing weld deposited hardfacing alloys has been developed. The Tuffstudd™ method described in U.S. Patent 4,547,985[4] involves the use of conventional stud welding equipment and hardfacing alloy studs.

Stud welding technology is used in many industrial situations to weld fasteners or anchors onto structural or manufactured parts. The same basic principles and metallurgical concepts that apply to other forms of electric arc welding are utilized. The welding sequence shown schematically in Figure 2 is controlled by solid state circuitry to provide maximum reproducibility. The sequence description is as follows:

- A wear resistant stud and a ceramic arc shield are fitted into the welding gun.

- The gun is positioned on the work piece and the trigger is pulled.

- An arc is struck and the stud is retracted a preset distance.

- The welding current melts a portion of the stud and base metal.

- After a preset time the current is cut and the stud is plunged into the molten pool.

- The ceramic arc shield serves to contain the weld metal and forms a fillet around the weld base.

Weld parameters are mainly dependent upon the composition of the stud, the diameter of the stud and the welding position. Due to the containment of the ceramic arc shield, inclined and near vertical welding positions are possible. Typical welding current times are 0.5 to 0.9 second with weld currents in the range of 900 to 1600 amps, for studs of 13 to 21 mm in diameter.

The wear resistant stud is typically a casting of high carbon-high chrome alloy with 40 to 50% volume loading of M_7C_3 type carbides providing the excellent wear resistance. Figures 3 and 4 show the microstructure of the two current commercially available Tuffstudds. Other methods of stud manufacturing such as powder metallurgy have been explored and may be utilized for special applications.

When comparing the Tuffstudd system with manual arc hardfacing the advantages are:

- Preforming the wear resistant alloy in the form of the stud allows precise control over the composition and resulting microstructure.

- The negative effect of oxidation and base metal dilution on the weld deposit is restricted to the weld zone.

- The controlled welding cycle provides a more reproducible process and eliminates the operator error by eliminating the chances of using excessive heat, arc length or speed, all of which have been shown to have a negative effect on the quality of the hardfacing deposit.

- A qualified welder is not required to operate stud welding equipment.

- The greater installed heights (1-2 cm) of the wear studs over manual arc weld beads significantly increases the tendency for the weld deposit to trap a static bed of abrading material (Figure 5).

- The Tuffstudd method typically provides higher deposit rates, particularly with the 21 mm studs, Table 2.

- The stud welding operation is essentially smoke free.

- The heat input to the base metal is significantly reduced, allowing continuous welding in most situations.

Alloy Selection

In the early development phases of this project it was realized that the weld deposit part of the system, the hardfacing stud, would, along with being weldable, have to provide excellent wear resistance at relatively low costs. These requirements, it was found, could be best met by the high carbon-high chrome white cast iron alloys. Extensive laboratory testing by Diesburg and Borik[5] has shown that excellent wear resistance can be achieved with these alloys in the as-cast condition, an important cost consideration.

The overall cost effectiveness of this family of alloys has been confirmed in an economic study of hardfacing consumables by Perrott[6] who showed that along with high carbon martensitic steels, the high chrome white irons afford the greatest hardness for the least cost. When it is recognized that the wear resistance due to the bulk hardness of the white irons is supplemented by carbide phases present in the microstructure, the economic attractiveness of these alloys is evident.

As part of the overall development of this wear protection system a laboratory wear test was developed at Sherritt[7] to test the wear resistant studs in both the as cast and as welded conditions. This test can simulate the low and medium stress abrasion (two-body) that is evident in the mining industry. The test consists of a loaded (7.7 kg) test pin (6.3 mm dia) moving across a rotating abrasive surface. The wear pin contacts fresh abrasive along the entire track. The abrasive is changed for each test. Figure 6 shows wear test results for two types of abrasive and several materials including the two Tuffstudd grades. The Al_2O_3 abrasive results have to date given the best correlation with in service life.

Field Testing

A series of field tests were conducted to evaluate the Tuffstudd system, the weldability of the white iron castings, and the subsequent effect on wear losses. The sites selected represented a wide assortment of conditions and mineral compositions. The majority of the tests were encouraging and immediate benefits in reducing materials losses were evident. Table 3[8] gives a brief summary of the locations and results of these field tests.

Ongoing field tests are being conducted in an arrangement with a local gravel crushing and hauling company. After laboratory screening, prototype Tuffstudds are welded to heel wear plates that are bolted to the bottom of a rubber tired loader bucket (Cat 988), Figure 7. The wear mechanisms experienced by these plates and any studs installed on them range from low stress to high stress abrasion, depending upon the operating environment. The easy installation and removal of the plates plus the excellent cooperation received from the operator in allowing access and data on tonnage moved have been extremely valuable in evaluating modifications to the Tuffstudd concept.

Commercial Activity

The Tuffstudd wear protection system is presently in commercial applications in a wide range of mining and earth moving operations. The operators' acceptance of a fairly radical departure from conventional techniques is testimony to the usefulness of the product. Table 4 shows an incomplete list of commercial applications.

Future Work

At present, ongoing research is being conducted in the area of improving Tuffstudd performance in applications involving high stress gouging abrasion. Field tests and market development trials have demonstrated that neither of the two current Tuffstudd alloys provides adequate protection under these conditions, particularly if the mineral involved has high quartz concentrations.

It is in this ongoing program that a wear resistant material developed at NRC-IMRI[9] by Champagne et al is being tested as a Tuffstudd alloy. These composite hard metal studs, consisting of cermets in a metal matrix, were fabricated at the Industrial Material Research Institute (IMRI) and are currently being evaluated. Initial laboratory and field tests were encouraging, as approximately 2x better service life than the most wear resistant commercial Tuffstudd composition has been demonstrated. Modifications to the microstructure in an attempt to reduce matrix wear, plus economic evaluations, are currently being pursued.

Conclusion

Supplementary wear protection has been and continues to be a valuable means for mining and earth moving equipment users to reduce the material losses experienced in these industries.

It has been demonstrated that Tuffstudds has become a successful member of these wear protection options.

Laboratory and field testing by OEM's and supplementary wear protection suppliers, along with detailed record keeping of operating costs and equipment performance by the users, are the keys to further success in material loss reduction.

Acknowledgements

The author wishes to thank his colleagues at Sherritt, particularly M. A. Clegg, R. C. Cook and M. Domsky, for their assistance in preparing this presentation.

References

1. **Misra, A. and Finnie, I.**, Correlations Between Two-Body and Three-Body and Erosion of Metals, Wear, 68 (1981), 33-39.

2. **Cook, R.C.**, A New System for Controlling Abrasive Wear in Open Pit Mining, 4th CIMM Open Pit Conference, 1982.

3. **Farmer, H. N.**, Factors Affecting the Selection and Performance of Hardfacing Alloys, Symposium, Materials for the Mining Industry, Vail, Colorado, July 1974.

4. **Silins, V. et al**, United States Patent No. 4,547,985, Method of Protecting a Metallic Surface Susceptible to Abrasion by Rock-Like Material.

5. **Diesburg, D. E. and Borik, F.**, Optimizing Abrasion Resistance and Toughness in Studs and Irons for the Mining Industry, Symposium, Materials for the Mining Industry, Vail, Colorado, July 1974.

6. **Perrott, C.M.**, Mining Applications of Thermal Sprayed Coatings, The International Journal of Powder Metallurgy and Powder Technology, Volume 18, No. 1, 1982, p. 39-55.

7. **Tameling, J.**, Sherritt Pin on Disk Wear Test, Unpublished work.

8. **Cook, R. C. et al**, Tuffstudds - A New Wear Protection System, The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, October 1982.

9. **Champagne, B., Auger, R. and Fiset, M.**, Development of a Wear Resistant Material with Cermet in Metal Matrix, National Research Council, Contract No. OSD 80-00078.

Table 1 Common Wear Protection Systems

* Alloy Steel Wear Plates and Bars
* Cast Steel Wear Plates
* Bulk Welding
* Hard Facing
  - complete overlay
  - stringers
  - rosettes

Table 2 Deposition and Coverage Rates
TUFFSTUDDS Versus Manual and Semiautomatic Arc Welding

	TUFFSTUDDS		Covered Electrodes (Manual)	Cored Wire (Semi Automatic)
	16 mm	21 mm		
(1) Deposit Thickness (mm)	10	15	6	6
(2) Deposit Rates (kg/h) @ 100% Duty Cycle	3.6	9.1	2	8
(3) Deposit Efficiency (%)	100	100	60	90
(4) Typical Duty Cycle (%)	75	75	30	45
(5) Typical Deposit Rates (kg/h) (2) x (3) x (4)	2.7	6.8	0.36	3.2
(6) Coverage Rates (m^2/h)*	0.14	0.28	0.03**	0.11**

* At 100% duty cycle.
** Solid overlay - 1 pass.

Table 3 Field Test Sites to Evaluate TUFFSTUDDS Wear Protection System

Wear Mineral	Equipment	Observations
Tar Sands Tailings	Extraction Plant -Discharge Chute	>500 000 t passed over studded wear plate with minimal wear
Copper/Zinc Ore	Mill Concentrator -Hydrostoke Feeder	.studs developed dead bed situation .studded feed guide still in service (2 y)
Sandstone Overburden	Shovel Bucket -Floor Bottom	studded floor bottom replaced HSLA steel wear bars - experienced lower dead volume in shovel
	Dozer -Blade	studded blade outlasted hardfacing X4, no stud breakage only abrasive wear
	Shovel Bucket -Teeth and Adaptors	studded surfaces outlasted OEM parts, typical life X2 OEM
High Quartz Overburden	Shovel Bucket -Teeth -Adaptors	neither TUFFSTUDDS nor conventional hardfacing withstood the severe gouging wear due to the extreme abrasiveness of the minerals
Tar Sands Overburden	Shovel Bucket -Adaptors -Shrouds	.TUFFSTUDDS replacing conventional hardfacing
Tar Sands	Drag Line -Bucket Heel -Chain -Teeth, Shrouds and Adaptors	.TUFFSTUDDS replacing conventional hardfacing .studded shrouds and adaptors life X3 OEM .studs hold tar sand for excellent dead bed situation
	Reclaimer -Teeth -Adaptors -Shrouds	.service trials continuing .tooth life 3X OEM

Table 4 Typical Mining Applications for TUFFSTUDDS

	Application	Industry	Area
(1)	Drag Line Buckets	Coal - open pit Tarsands Copper/zinc Phosphate	Alberta, B.C., Sask NWT, Maritimes N. Carolina, Texas N. Dakota, Colorado, Montana
(2)	Shovel Buckets	Coal - open pit Copper/zinc Uranium - open pit Gold - open pit	Same as (1) plus Nevada
(3)	Scoop Tram Buckets	Copper - underground Tungsten - underground	Maritimes B.C.
(4)	Chute Liners	Coal Copper/zinc Tungsten - underground	B.C. Manitoba Maritimes, Illinois
(5)	Bucket Wheel Excavator	Tarsands	Alberta
(6)	Dozer Blades/Arms	Coal - open pit	B.C., Nevada
(7)	Dragline Chains	Tarsands Phosphate	Alberta North Carolina

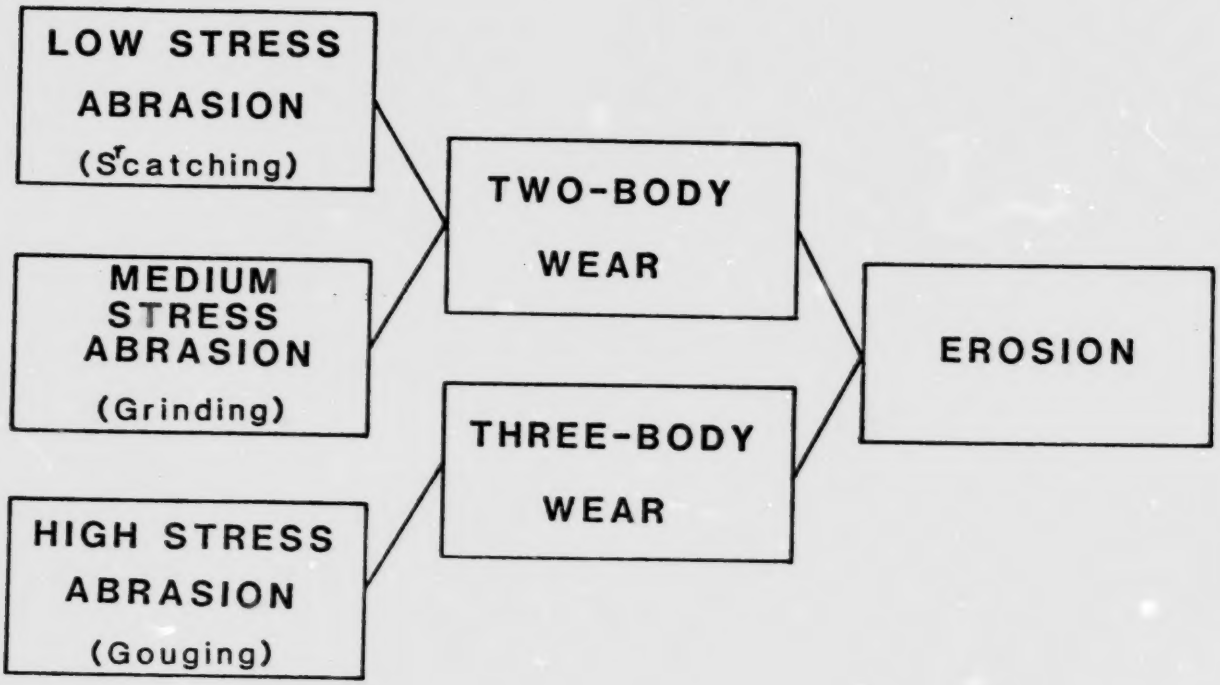


Figure 1. Wear Mechanisms

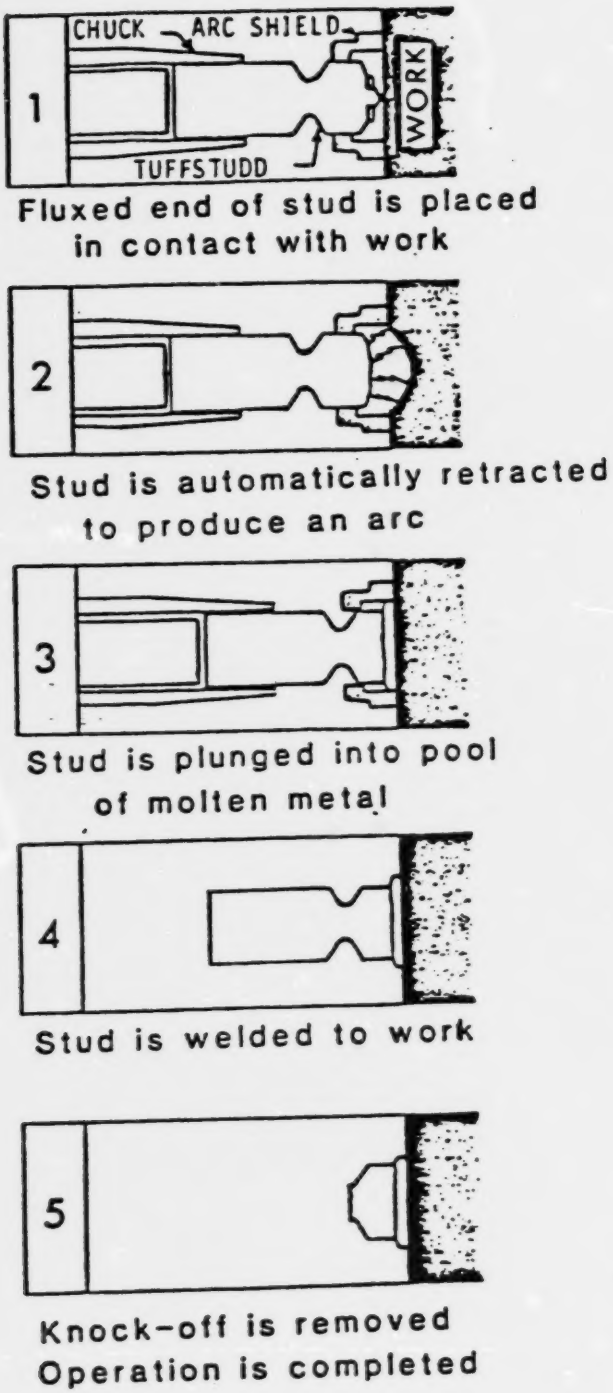


Figure 2 Schematic Sequence of Stud Welding

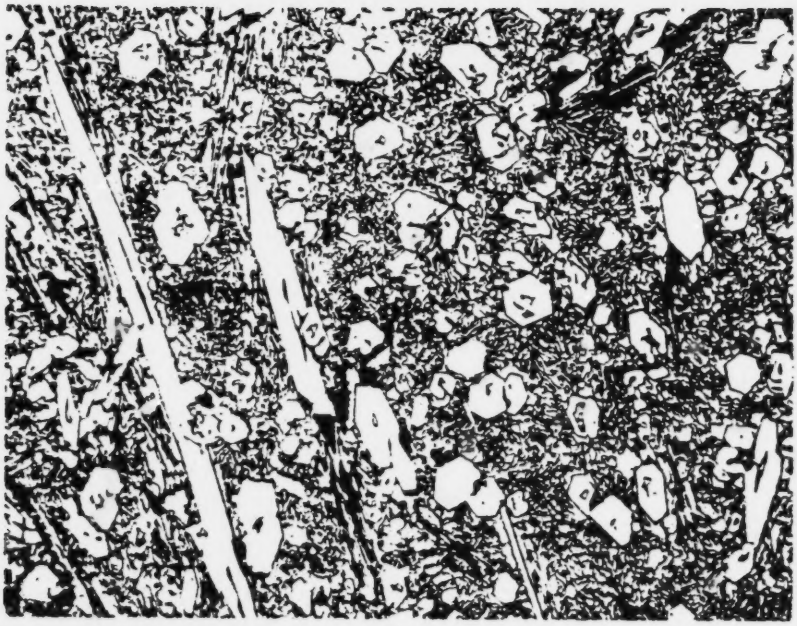


Figure 3 Typical Microstructure "I" Composition TUFFSTUDD (160x)

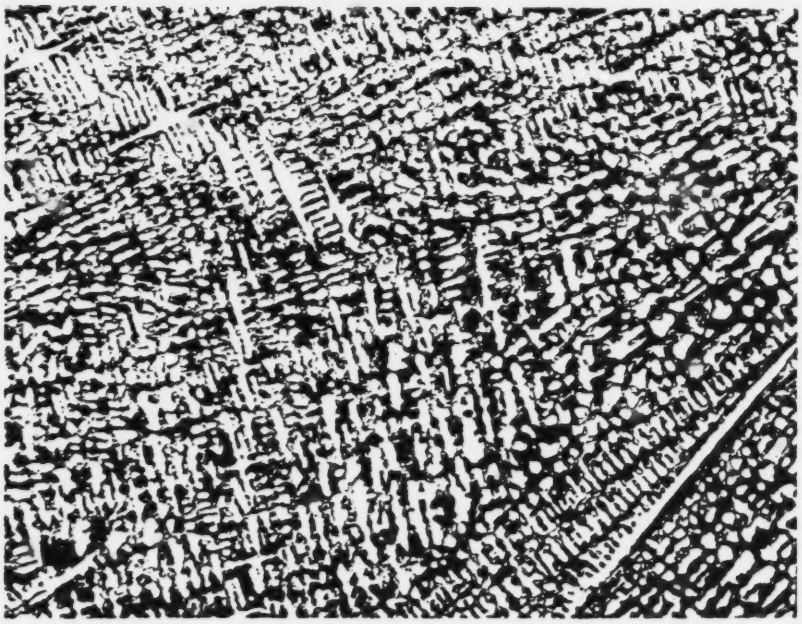


Figure 4 Typical Microstructure "A" Composition TUFFSTUDD (160x)

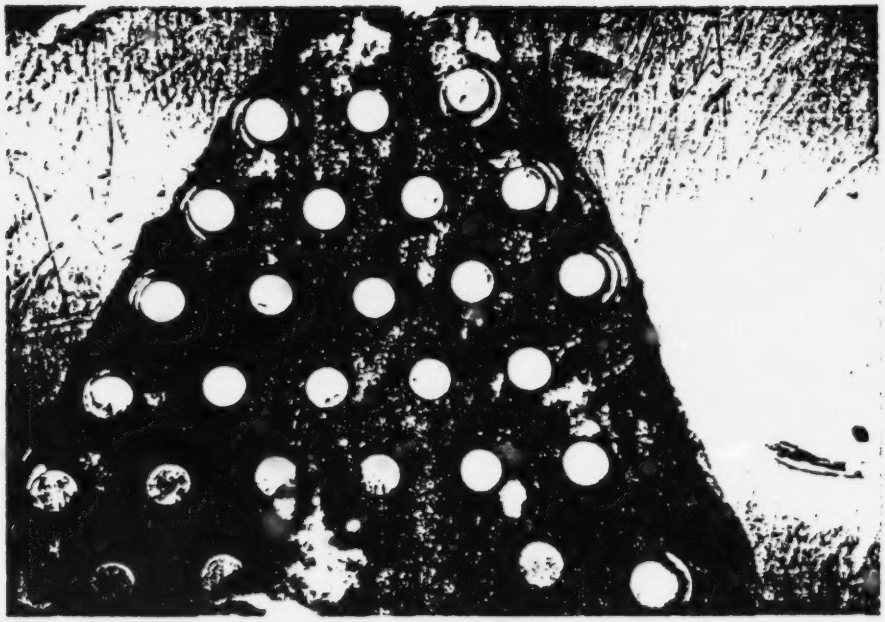


Figure 5 Static Bed of Abrasive Material Trapped in a TUFFSTUDD Wear Protection Deposit

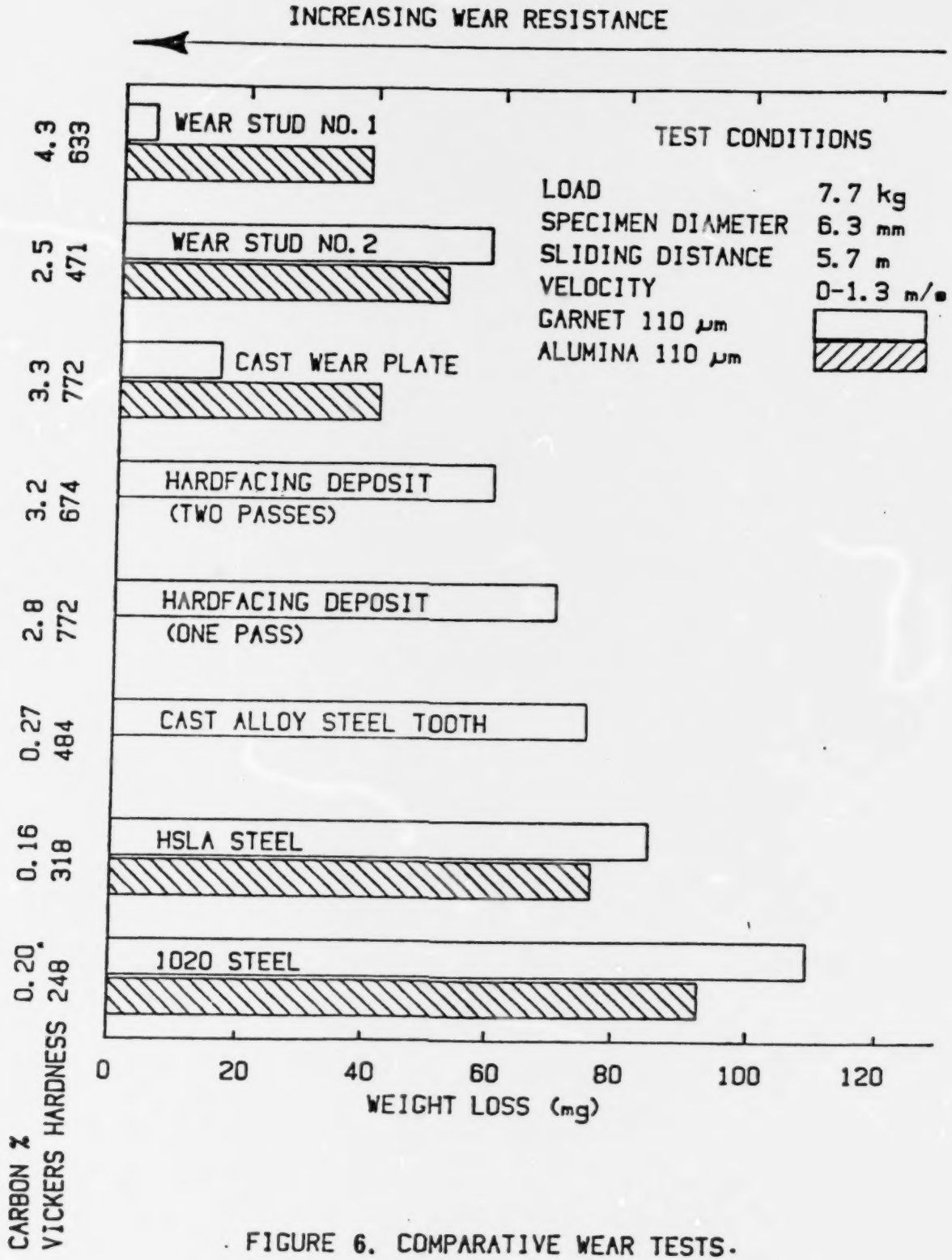


FIGURE 6. COMPARATIVE WEAR TESTS.

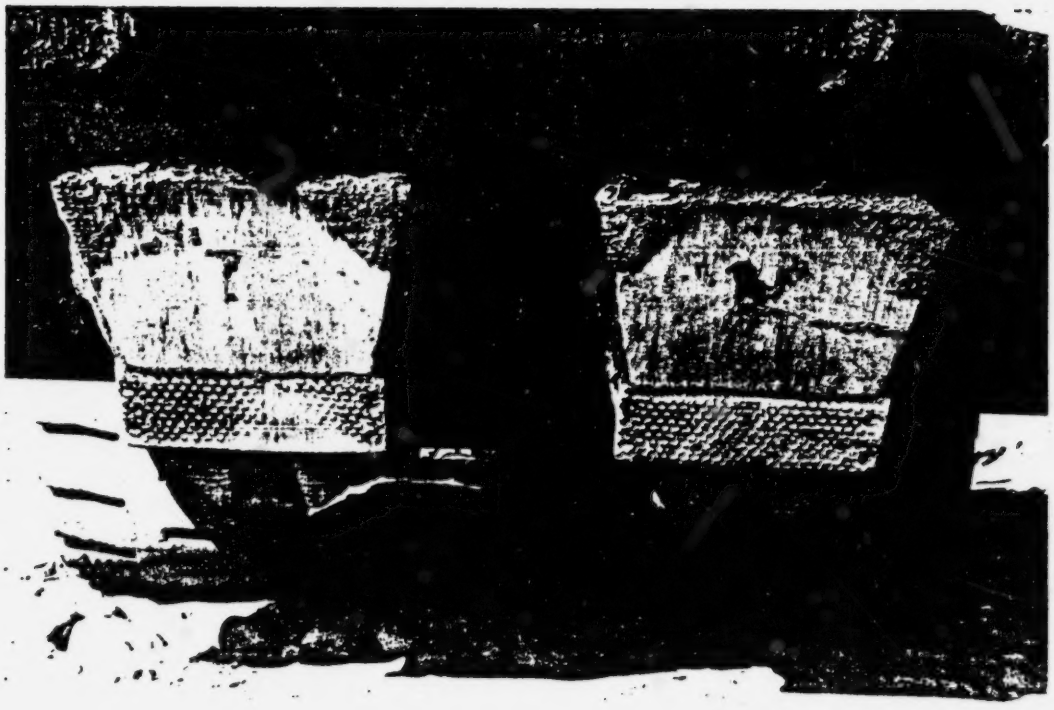


Figure 7 TUFFSTUDD Field Test on Caterpillar 988 Bucket Wear Plates

ABSTRACT

Typical areas in pulp and paper mills where abrasion is of concern are described. Components involved include items as diverse as debarking drums, chains, kiln linings and forming fabrics; materials used to combat abrasion include metals, polymers and ceramics. Low- and high-stress abrasion mechanisms are most common; gouging abrasion is usually restricted to wood handling areas. As an example of the importance of wear testing, the design and use of test rigs for the particular problem of refiner plate abrasion is discussed.

Submitted for the ASM-IMRI-NRC Seminar on Abrasive Wear,
March 24, 1986.

C. B. Thompson
Corrosion and Materials
Engineering Section

VISUAL PLANNING CORPORATION
MONTREAL (514) 739-3116 – 6805 Decarie Blvd., Montreal, P.Q. H3W 3E4.
TORONTO (416) 255-0191 – 310 Judson St., Toronto, Ont. M8Z 5T6.
OTTAWA (613) 729-4311 or 729-0902 – 44 Bayswater Ave., Suite 203, Ottawa, Ont. K1Y 4K3
VANCOUVER (604) 588-0488 – 9945 - 120th Street, Delta, B.C. V4C 6S2.

HINGE HINGE

HINGE HINGE

HINGE HINGE

WEAR IN PULP AND PAPER MILLS

VISUAL PLANNING CORPORATION
MONTREAL (514) 739-3116 -- 6805 Decarie Blvd., Montreal, P.Q. H3W 3E4.
TORONTO (416) 255-0191 – 310 Judson St., Toronto, Ont. M8Z 5T6.
OTTAWA (613) 729-4311 or 729-0902 – 44 Bayswater Ave., Suite 203, Ottawa, Ont. K1Y 4K3
VANCOUVER (604) 588-0488 – 9945 - 120th Street, Delta, B.C. V4C 6S2.

HINGE HINGE HINGE HINGE HINGE

WHY BOTHER ABOUT WEAR?

- FOUND IN ALL AREAS OF THE MILL
- COSTS AS MUCH AS CORROSION

	MATERIAL COSTS DUE TO WEAR $/ADT	% DUE TO WEAR
KRAFT MILL	8.3	35
NEWSPRINT	10.0	52
MANUFACTURING SERVICES	4.7	70

VISUAL PLANNING CORPORATION
MONTREAL (514) 739-3116 – 6805 Decarie Blvd., Montreal, P.Q. H3W 3E4.
TORONTO (416) 255-0191 – 310 Judson St., Toronto, Ont. M8Z 5T6.
OTTAWA (613) 729-4311 or 729-0902 – 44 Bayswater Ave., Suite 203, Ottawa, Ont. K1Y 4K3
VANCOUVER (604) 588-0488 – 9945 - 120th Street, Delta, B.C. V4C 6S2.

HINGE

HINGE

TYPICAL PROBLEM AREAS

WOOD PREP.

- DEBARKER TIRES
- STUD ROLLS
- CHIPPER KNIVES
- CYCLONE LININGS
- CONVEYOR CHAINS

KRAFT MILL

- HP FEEDER
- SOOTBLOWERS
- KILN BRICK/CHAIN
- FORMING FABRICS
- HIGH DENSITY PUMPS

NEWS MILL

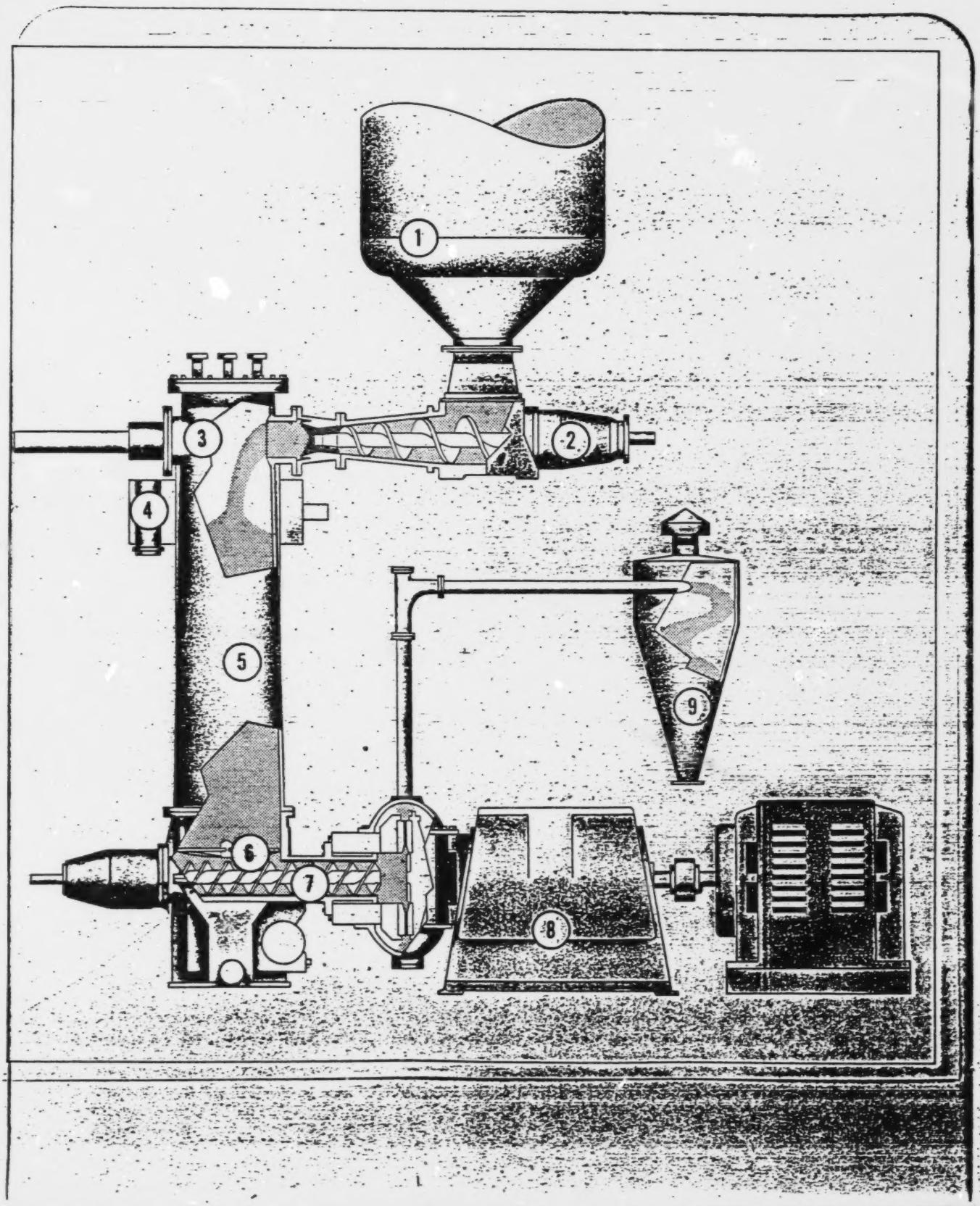
- FORMING FABRICS
- ROLL COVERINGS
- REFINER PLATES
- BEARINGS
- MACHINE FOILS

VISUAL PLANNING CORPORATION

MONTREAL, QUE. (514) 739-3116 - 6805 Boul. Décarie, H3W 3E4
TORONTO, ONT. (416) 255-4461 - 310 Judson St., M8Z 5T6
OTTAWA, ONT. (613) 725-3104 - 44 Bayswater Ave., #203, K1Y 4K3
VANCOUVER, B.C. (604) 222-2155

HINGE

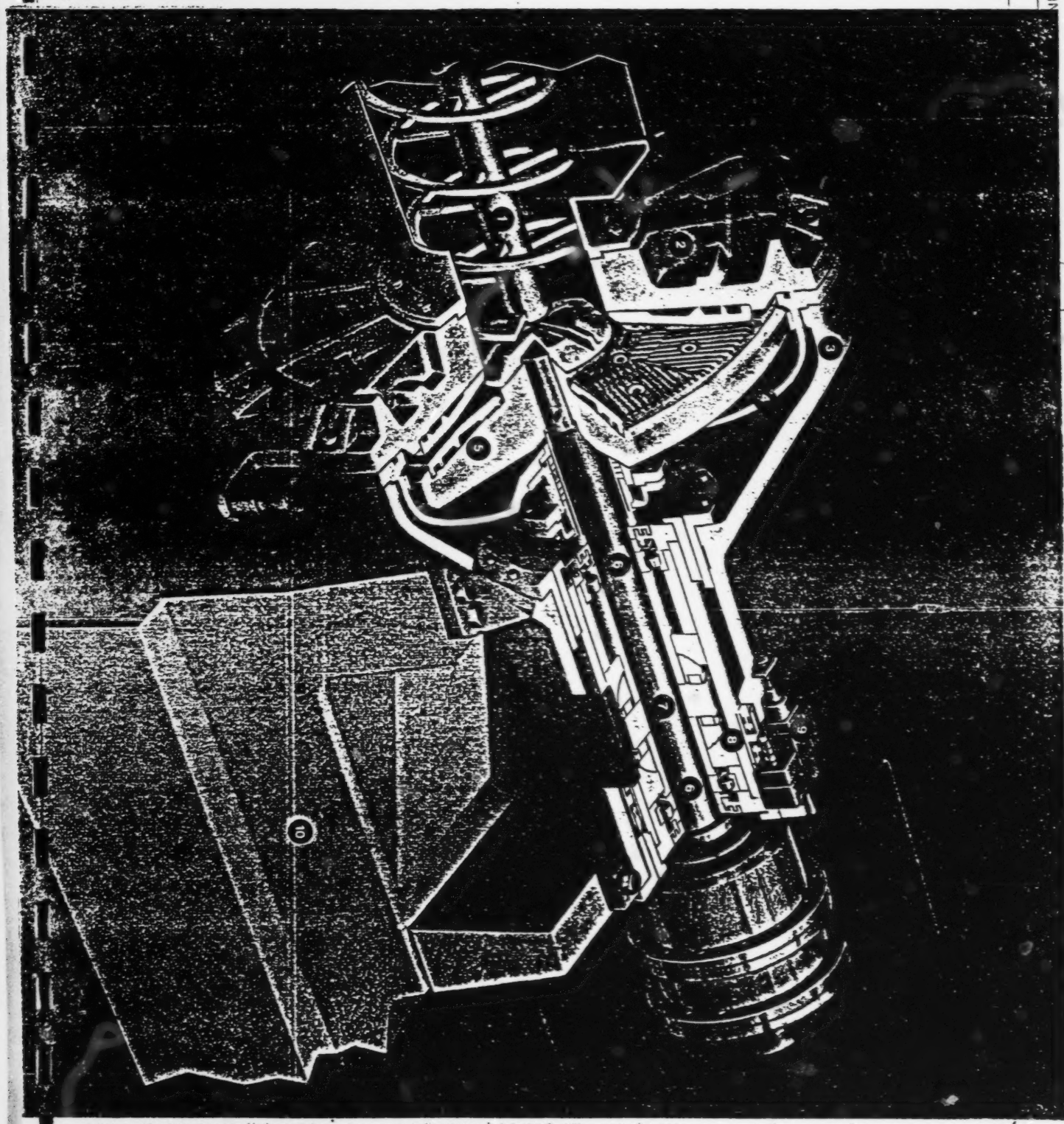
HINGE



MONTREAL, QUE. (514) 739-3116 - 6805 Boul. Décarie, H3W 3E4
TORONTO, ONT. (416) 255-4461 - 310 Judson St., M8Z 5T6
OTTAWA, ONT. (613) 725-3104 - 44 Bayswater Ave., #203, K1Y 4K3
VANCOUVER, B.C. (604) 222-2155

HINGE

HINGE

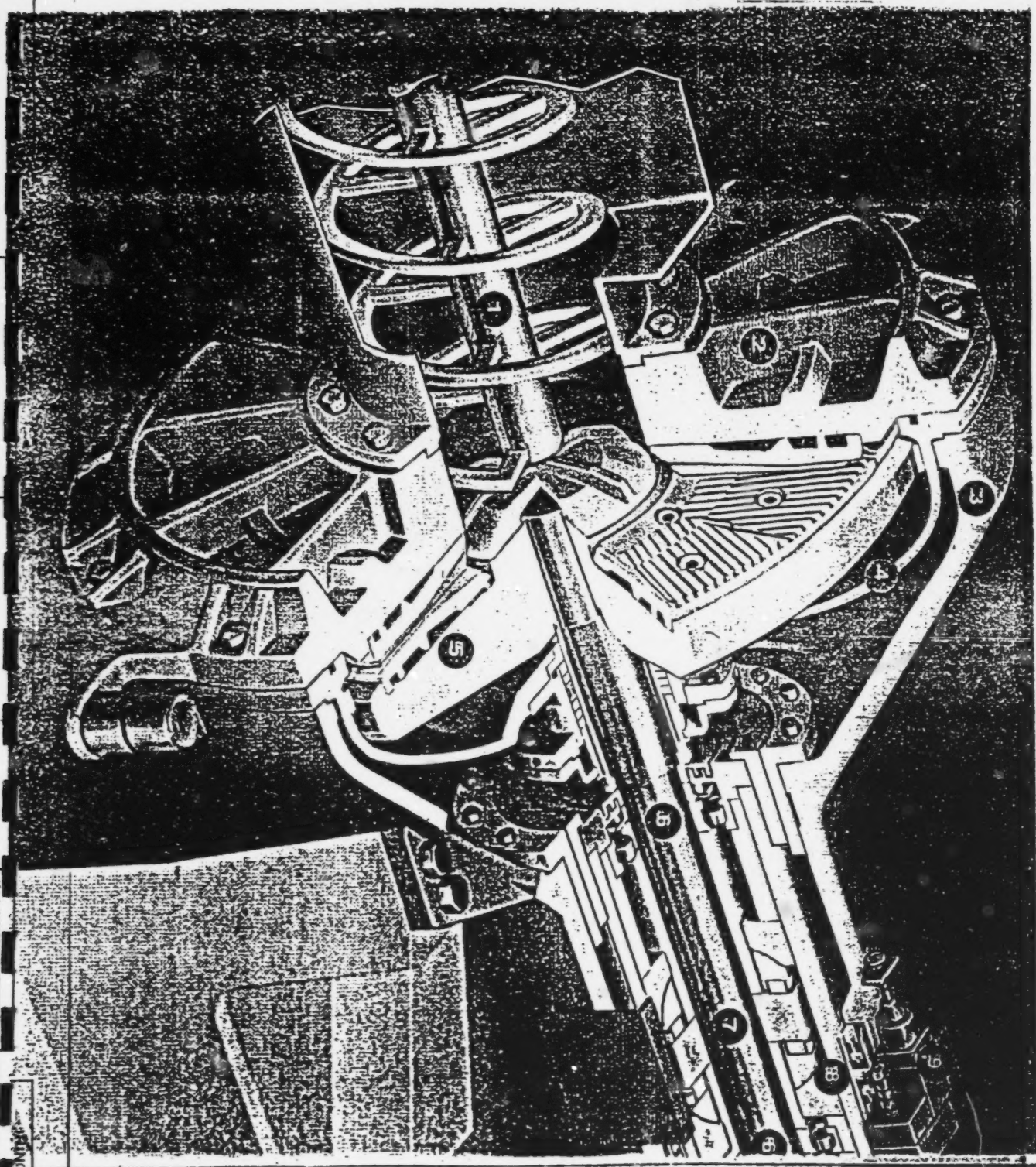


VISUAL PLANNING CORPORATION

MONTREAL, QUE. (514) 739-3116 - 6805 Boul. Décarie, H3W 3E4
TORONTO, ONT. (416) 255-4461 - 310 Judson St., M8Z 5T6
OTTAWA, ONT. (613) 725-3104 - 44 Bayswater Ave., #203, K1Y 4K3
VANCOUVER, B.C. (604) 222-2155

HINGE

HINGE



MONTREAL, QUE. (514) 739-3116 - 6805 Boul. Decarie, H3W 3E4
TORONTO, ONT. (416) 255-4461 - 310 Judson St., M8Z 5T6
OTTAWA, ONT. (613) 725-3104 - 44 Bayswater Ave., #203, K1Y 4K3
VANCOUVER, B.C. (604) 222-2155

HINGE

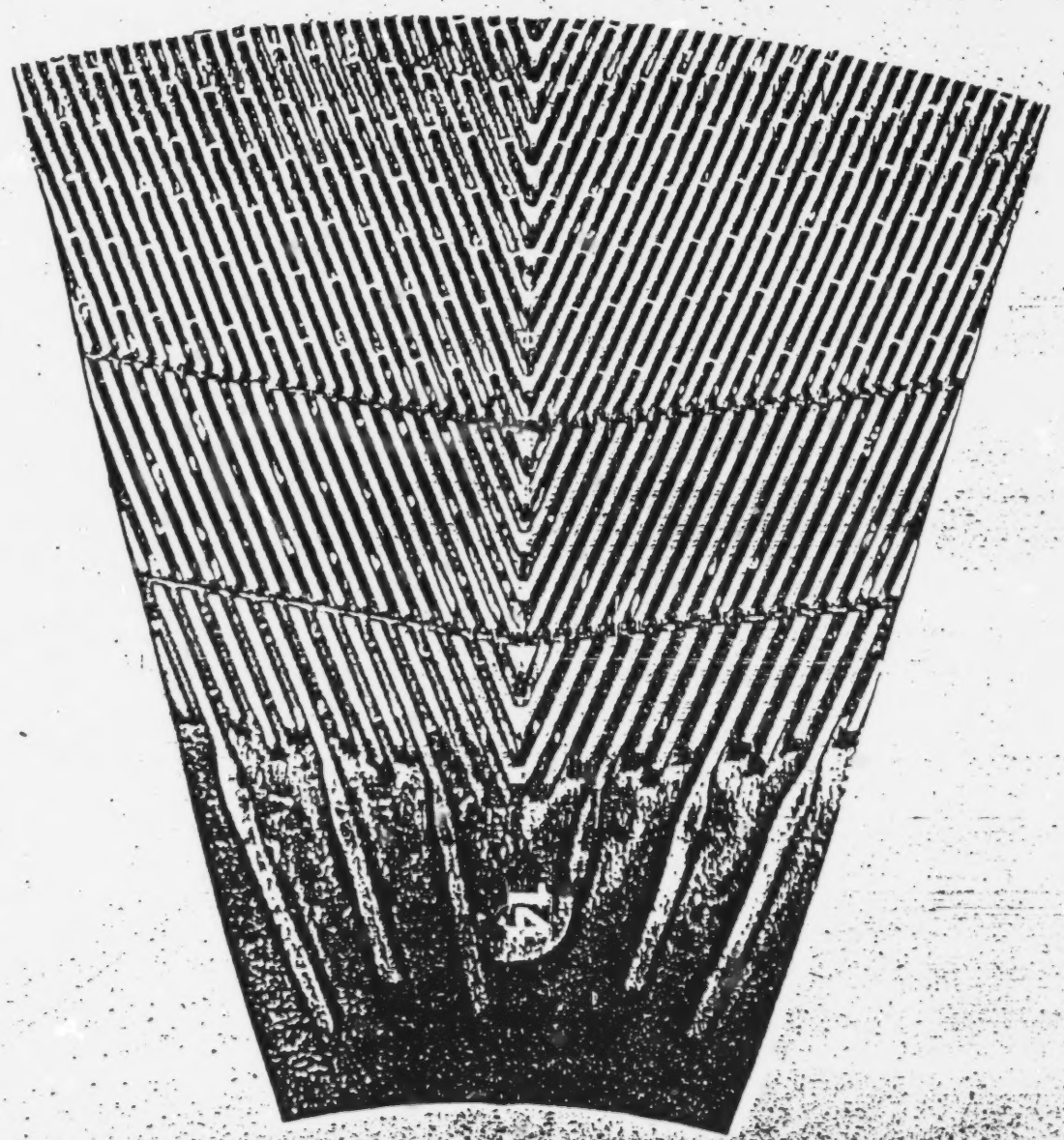
HINGE

HINGE

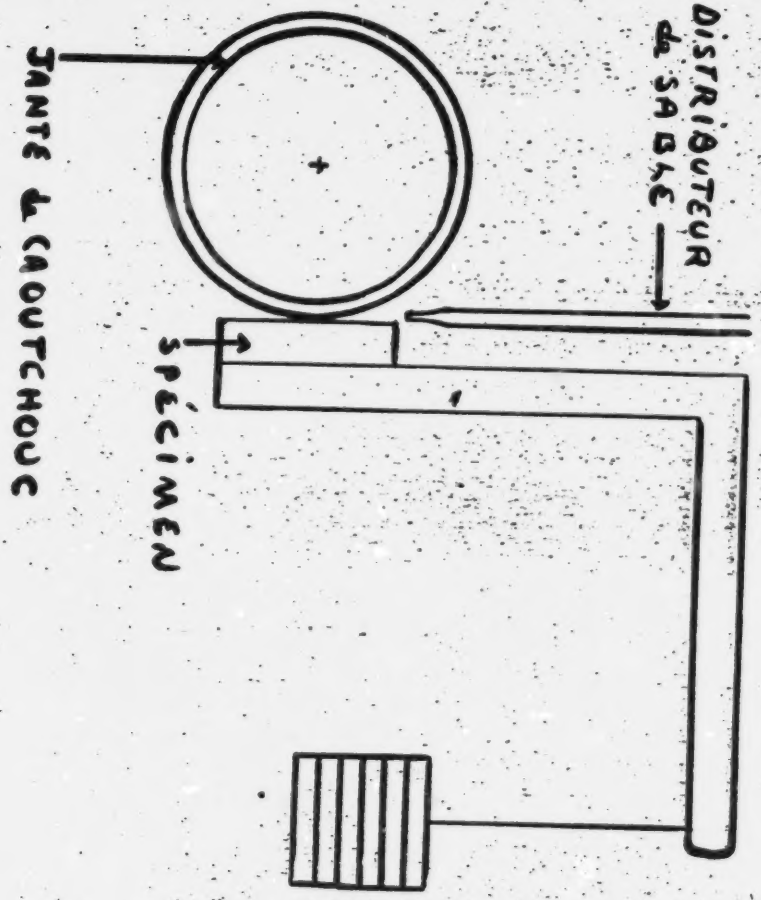
HINGE

HINGE

SERIAL No DE SERIE

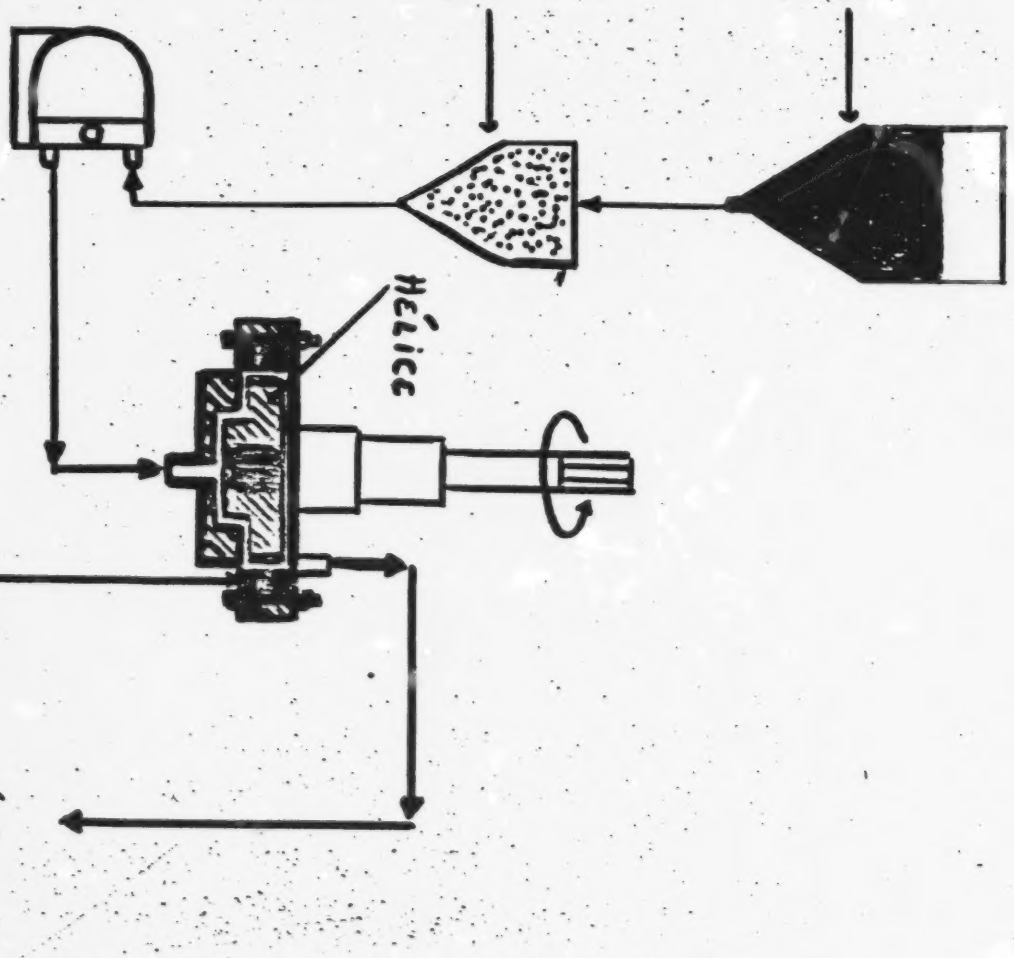


HINGE
OTTAWA, ONT. (613) 725-3104 - 44 Sandwell Ave., #203, K1Y 4K3
VANCOUVER, B.C. (604) 222-2155
HINGE



HINGE
HINGE
HINGE
HINGE
HINGE
ALBANY, N.Y. (518) 458-1110

MONTREAL, QUE. (514) 739-3116 - 6805 Boul. Décarie, H3W 3E4
TORONTO, ONT. (416) 255-4461 - 310 Judson St., M8Z 5T6
OTTAWA, ONT. (613) 725-3104 - 44 Bayswater Ave., #203, K1Y 4K3
VANCOUVER, B.C. (604) 222-2155



CHAMPLAIN, N.Y. (518) 298-8404 184 N.Main St., Box 158, 12919
LACONIA, N.H. (603) 524-5043 53 Davis Place, Box 465, 03247
ALBANY, N.Y. (518) 458-1110

Eutectic + Castolin®
4200 TRANS CANADA, POINTE CLAIRE, QUE. H9R 1B6
TELEPHONE: (514) 695-7500 TELEX: 058-21515

PROJECTION COMBUSTION THERMIQUE A LA FLAMME

PROTECTION PAR REVETEMENTS CERAMIQUES

RESUME

******

LES REVETEMENTS CERAMIQUES PROJETES AVEC LES EQUIPEMENTS PAR COMBUSTION THERMIQUE A LA FLAMME OFFRENT SOUVENT ET AVANTAGEUSEMENT UNE REDUCTION DES COUTS D'ENTRETIENS DE L'EQUIPEMENT DANS LES INDUSTRIES. ILS PEUVENT ETRE AUSSI APPLIQUES SUR LES PIECES NEUVES D'ORIGINES AVANT LEURS MISES EN SERVICE.
LES REVETEMENTS CERAMIQUES PERMETTENT LE PROLONGEMENT DE LA DUREE DU SERVICE DE VIE DES PIECES SOUMISES AUX USURES TANT PHYSIQUES-METALLURGIQUES QUE CHIMIQUES TOUT EN ABAISSANT LES COUTS D'EXECUTION QU'EXIGENT LES REVETEMENTS METALLIQUES ORDINAIRES PROJETES ET FUSIONNES SIMULTANEMENT. LES REVETEMENTS CERAMIQUES SONT COMPOSES DE MATERIAUX PRATIQUEMENT INERTES, ISOLANTS ELECTRIQUES ET THERMIQUES ET OFFRANT UNE RESISTANCE A L'USURE PAR MICRO-ABRASION.

RESUME CONCERNANT L'EXPOSE LORS DE LA REUNION
DU 24 MARS 1986 QUI AURA LIEU A:
INSTITUT GENIE DES MATERIAUX - BOUCHERVILLE.P.Q.
CONFERENCE : L'USURE ABRASIVE UN COMBAT.

EUTECTIC + CASTOLIN.

ANDRE H. DESARZENS
Directeur Services Techniques.

PROTECTION PAR REVETEMENTS CERAMIQUES
PROJECTION COMBUSTION THERMIQUE.

CARACTERISTIQUES:

Les alliages ceramiques se composent de materiaux fusibles a haute temperature.

Ces alliages Micropulverises sont caracterises par leur structure physiques et par leur granulometrie permettant une repetivite absolument constante du traitement de revetement.

Certains alliages en particulier sont formules par une elaboration speciale. Ils possedent un ecoulement de haute fluidite qui n'exige pas l'utilisation de vibrateurs.

La densite et la liaison intergranulaire de ces alliages est telle que la duree de vie des pieces revetues peut etre augmentee considerablement.

APPLICATIONS PRINCIPALES :

Ces alliages micropulverises se composent de materiaux pratiquement inertes. ISOLANTS ELECTRIQUES et THERMIQUES utilises pour la resistance a l'usure par micro - abrasion ou pour la protection thermique. Les depots obtenus possedent une structure lamellaire microscopique.

La tenue en service de ces alliages est amelioree par la protection d'une sous-couche d'accrochage a l'aide d'un alliage de liaison .

APPLICATIONS AUTRES :

MANCHONS DE POMPE
CORPS DE POMPES
ROUE D'ENTRAINEMENT

ARBRES DE POMPES
POCHES DE COULEES

CREUSETS
PORTEES DE GLISSEMENT

COLLOQUE D'UN JOUR
Organisé par:

Institut de génie des matériaux
Conseil National de Recherches
Canada,

ASM, Chapitre de Montréal

En collaboration avec:

L'Université de Sherbrooke

Le comité associé sur la tribologie

BOUCHERVILLE, CANADA
Le 24 mars 1986

PROJECTION COMBUSTION THERMIQUE A LA FLAMME

PROTECTION PAR REVETEMENTS CERAMIQUES

Préparé par: EUTECTIC+CASTOLIN
Département Technique

Jacques Nadon

1er PARTIE

REVUE HISTORIQUE :

Avant de parler des bénéfices et avantages actuels par l'utilisation des moyens de projection thermique dans les programmes d'entretien industriel, établissons une revue couvrant les développements des années passées sur les équipements de projection thermique, ceci nous aidera à mieux comprendre l'évolution de cet unique et efficace instrument d'entretien.

Historiquement cette découverte de projection de particules métalliques devrait être créditée au Dr U.M.SCHOPP de Zurich en Suisse. Cette invention toutefois a été définie par le * PROCEDE SCHOOP". La METALLISATION deviert alors connue sous son terme générique - Système qui n'a pas toujours été un succès comme procédé de réparation.

C'est à Mr HERKENRATH que tout le crédit principal revient grâce à son invention d'un système de projection métallique portable.

La FIGURE 1 nous présente un système basé sur les principes du système de grenaillage par sable . "SAND BLAST"

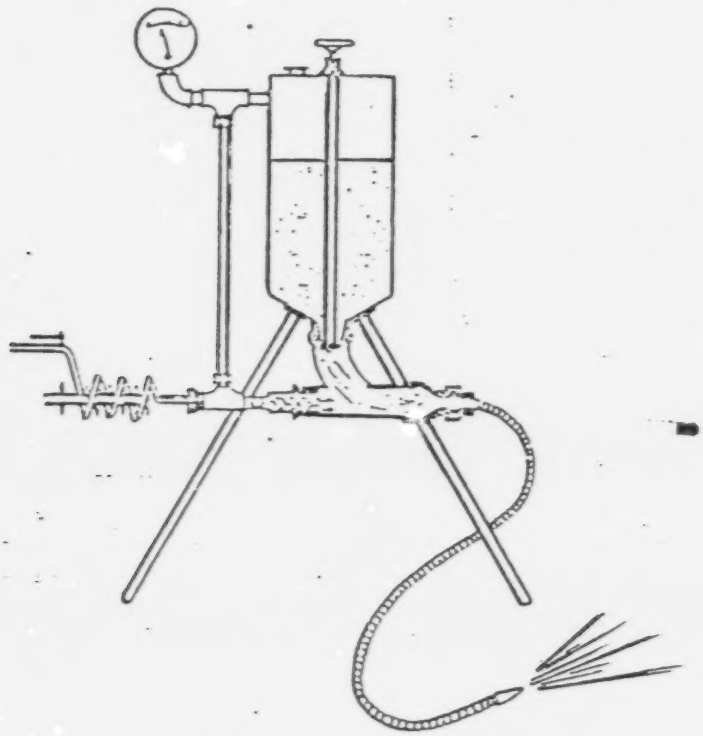


FIGURE 1

Cet exemple pratique , système d'invention par projection de poudre métallique désigné est basé sur les principes de machines de grenaillage par sable. Il est à noté que les expériences faites par Mr HERKENRATH sur la projection à froid des poudres métalliques manquait d'adhérence, mais une fois que les poudres métalliques furent chauffées , une plus grande adhérence fut constatée.

Vers les années 1920 de nouveaux développements ont été réalisé soit aussi bien avec les procédés en poudre que par fil.

Les Figures 2 et 3 présentent des appareils connus utilisés entre les années 1920 à 1930.

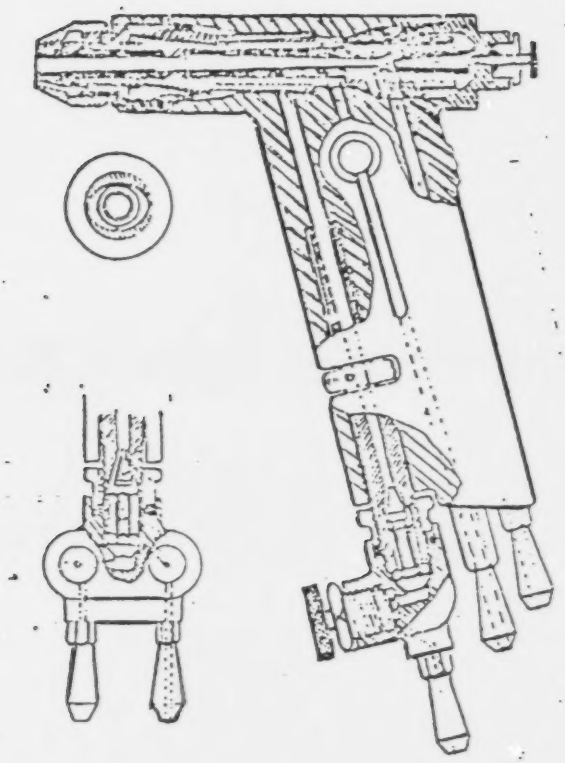


FIG. 2

LE CHALUMEAU SCHORI POUR ALIMENTATION DE POUDRE.

Celui - ci est un excellent exemple d'un chalumeau bien pensé et bien construit.
Bien que le système d'alimentation de la poudre au chalumeau était quelque peu compliqué, soit distribuée au travers d'un réservoir d'alimentation, son utilisation à connu des fins utiles.

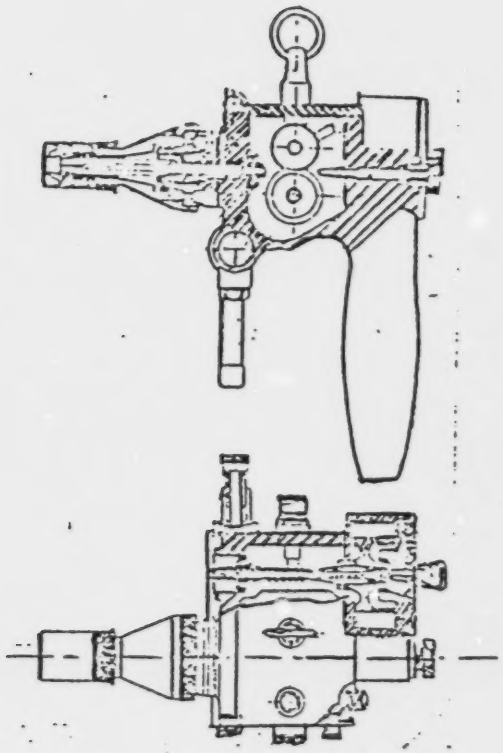


FIG. 3

UN CHALUMEAU DE CONCEPTION BRITANNIQUE ENCORE UTILISE DE NOS JOURS.

Alimenté par fil, opérant avec une turbine à air, le taux d'alimentation du fil est essentiellement contrôllé. Il opère par la combustion d'un mélange gazeux et le fil fondant est de suite atomisé par une pression d'air comprimé. Ce système est remarquablement similaire aux modèles sophistiqués d'aujourd'hui.

La rapide et immense utilisation des procédés de projection des métaux à de suite mis en lumière certains défauts:

- Une pauvre cohésion de liaison entre les particules métalliques.
- Une adhésion trop variante des particules de poudre projetées sur les pièces à revêtir.
- Une variation dans le contenu des oxydes et:
- LA NECESSITE D'UN CONTROLE RIGOUREUX SUR LES PARAMETRES PERIPHERIQUES AFIN D'ASSURER UNE MESURE CONVENABLE DE LA REPRODUCTION DU REVETEMENT.

PROJECTION THERMIQUE A LA FLAMME

DESCRIPTION GENERALE

1) La projection thermique est par définition, (AWS),un procédé:
   - qui augmente la température de fines particules et les amène dans une condition fondue, ou semi-fondu.
   - qui projette ces particules sur une surface préparée et compatible, pour former un revêtement adhérant.

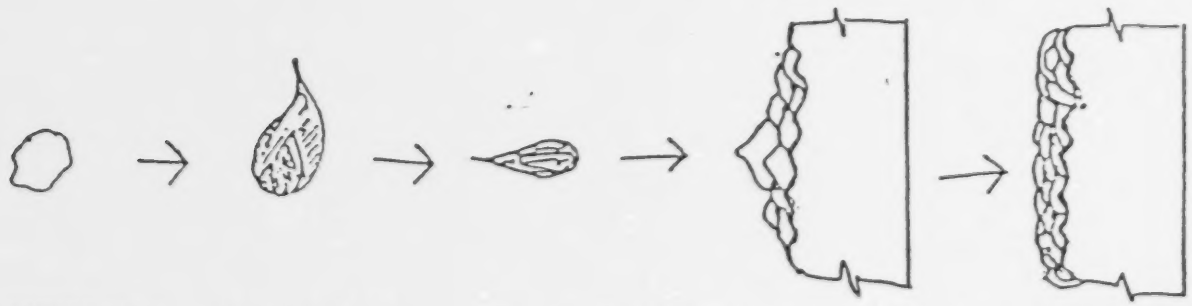
2) Les particules passent au travers d'une source intense de chaleur, pour atteindre la texture désirée (fondue, semi-fondue)

3) Les particules s'aplatissent au moment de l'impact contre la surface. pour ainsi former des lamelles.

4) Le revêtement, ainsi obtenu, épouse les formes et contours de la surface revêtue.

5) La liaison qui en résulte, repose presqu'entièrement sur les principes de l'agrippement mécanique, avec en plus certains liens métallurgiques et chimiques.

PROCEDE DE PROJECTION THERMIQUE A LA FLAMME



POUDRE NON CHAUFFEE	LES PARTICULES DE POUDRE FONDENT PAR L'ENERGIE CALORIFIQUE	SOUS LA VELOCITE DE LA FLAMME,LA POUDRE EST FONDUE OU A L'ETAT SEMI-PLASTIQUE	LES PARTICULES FRAPPENT LE METAL DE BASE ET S'APLATISSENT	LES PARTICULES SE CONTRACTENT ET PRENNENT L'ASPECT D'UNE PIECE COULEE

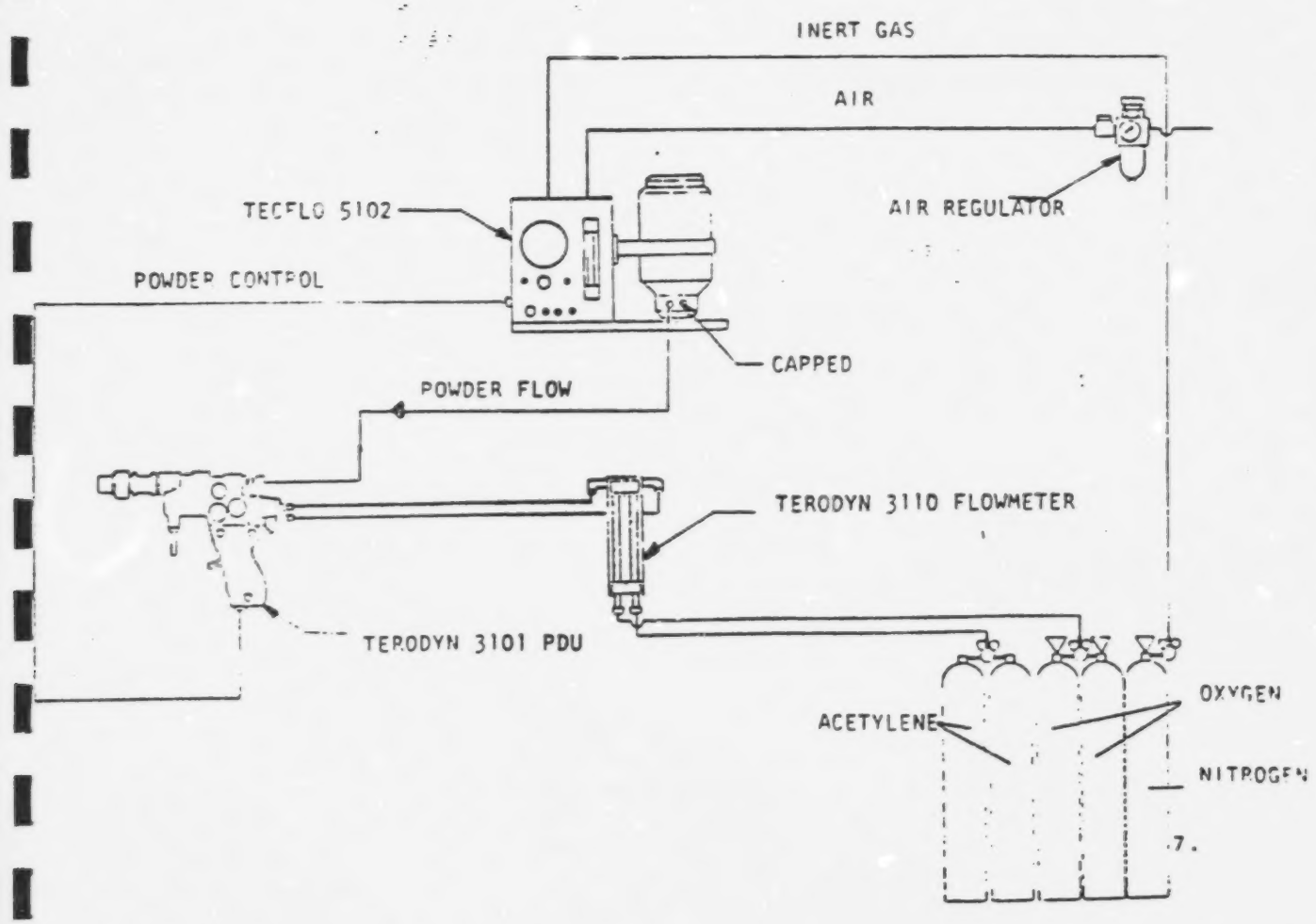
PROCEDES (AWS)

1) PROJECTION A LA FLAMME (FLSP)

- Systeme utilisant OXYGENE/COMBUSTIBLE
- L'acétylène est le combustible le plus fréquemment utilisé, en raison de sa haute température de combustion et de sa chaleur concentrée.

Ce procédé inclut:

- Projection de poudre à la flamme
- Projection de fil à la flamme
- Projection de tige à la flamme
- Projection par détonnation (Plus de 200,000 BTU/hre,vitesse:mach
- Projection par JET (Turbine crée un vortex dans la pou

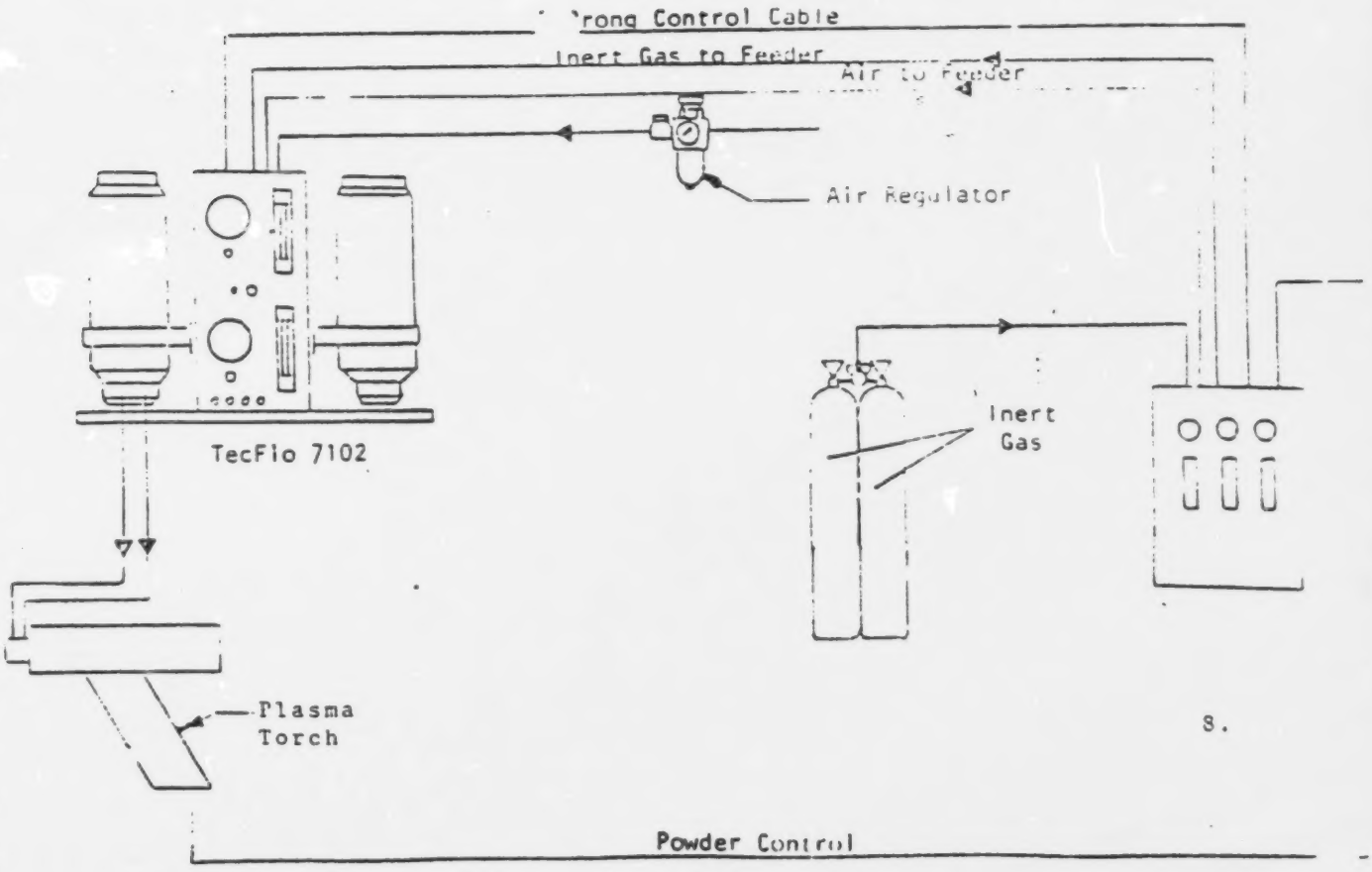


PROCEDES (AWS) suite

2) PROJECTION A L'ARC ELECTRIQUE (EASP)
- Arc C.C. crée entre deux fils
- Les fils fondent
- Un jet d'air séché, atomise le métal fondu
- Les particules sont projetées sur la surface par le même jet d'air.

3) PROJECTION AU PLASMA (PSP)
- L'énergie sous forme de chaleur provient d'un arc et d'un gaz forcé. fortement ionisé (plasma)(30,000 °F

Ce procédé inclut:
- Plasma à arc non-transféré
  - . Procédé à froid
  - . Haute vitesse, haute énergie
- Plasma à arc transféré
  - . Procédure de soudage à respecter
  - . Moins de 10% de dilution



TYPES DE CONSUMABLES

ET

TABLEAU COMPARATIF DES CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS DEPOTS

CARACTÉRISTIQUES DU DÉPÔT		MÉTALLIQUE		NON MÉTALLIQUE
		AMENÉ À FUSION	NON AMENÉ À FUSION	NON AMENÉ À FUSION
Résistance aux pressions	ponctuelle	••	•	•
	répartie	•••	•••	•••
Résistance aux chocs		••	•	—
Résistance à l'abrasion	sans chocs	•••	••	•••
	avec chocs	••	•	
Résistance à l'érosion en milieu	gazeux	•• — •••	•• — •••	•• — •••
	liquide	•• — •••	• — ••	• — ••
Résistance à la corrosion en milieu	gazeux	•••	•••	•••
	liquide	•••	••	••
Résistance à la cavitation		•• — •••	•	—
Résistance à l'oxydation		•• — •••	•• — •••	•• — •••
Résistance aux chocs thermiques		•••	• — ••	• — ••
Résistance aux frottements		•• — •••	•• — •••	•• — •••
Usinabilité	outil de coupe	•• — •••	•• — •••	—
	meulage	•••	•••	•• — •••
Soudabilité		•••	•• — •••	••

* Relativement recommandé ** Recommandé *** Particulièrement recommandé

L'AVENEMENT DES CERAMIQUES

Les revêtements fusionnés, ont été utilisés pendant plusieurs années, dans différentes industries pour contrer les usures mécaniques et chimiques. Cependant, à cause de la nature même du procédé, certaines applications ne pouvaient être réalisées, pour des raisons de prix, de déformations, ou de modification des propriétés physiques et mécaniques du métal de base. De plus, leurs température de service était limitée.

L'avénement des matériaux non-métalliques, stabilisés à l'oxygène, offrent désormais une alternative économique, assortie d'une prolongation du service de vie des pièces soumises à l'usure, et ce, même à de très hautes températures.

Au cours des dernières décennies, l'industrie a fait de plus en plus usage des matériaux céramiques. Ils demeurent stables à des températures dépassant celles que peuvent supporter les alliages métalliques et sont capables d'offrir des caractéristiques de hautes performances. Le coût croissant de l'énergie a encore renforcé cette demande. C'est le cas par exemple, pour certaines applications réalisées sur des pièces de turbines à gaz ou de moteurs diesel. Elles permettent d'obtenir un rendement supérieur du combustible utilisé, pour des températures de service plus élevées.

Dans le domaine de la maintenance, on constate un développement accru de l'utilisation technique des poudres non-métalliques de haute dureté et de grande résistance à l'usure, très souvent de nature synthétique, telles que l'oxyde d'aluminium qui a atteint un taux d'applications pratiques très important.

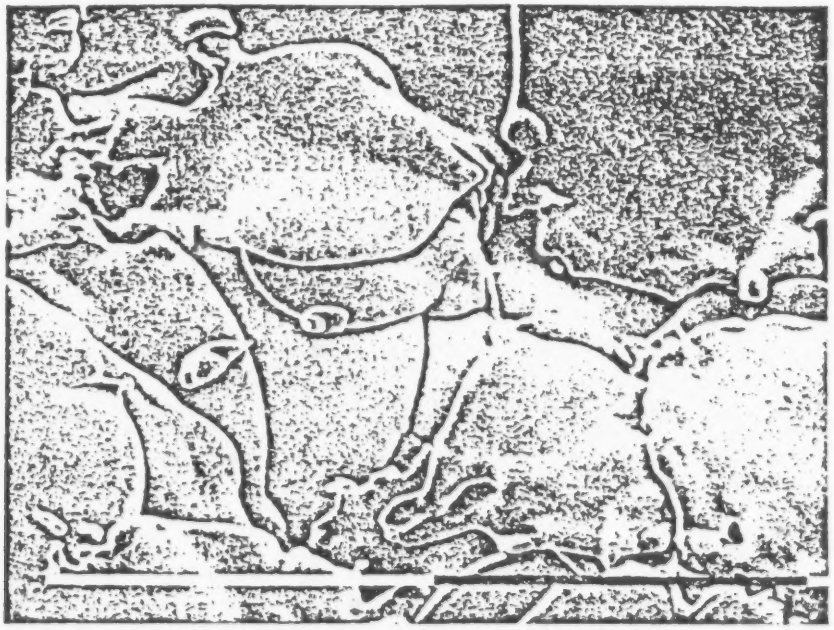
Ce développement est dû, notamment, à la demande de matériaux toujours plus résistants aux attaques chimiques, qui soient également en mesure de supporter des températures élevées.

L'introduction des revêtements non métalliques stabilisés à l'oxygène représente un progrès considérable. Il en découle neanmoins certaines complexités: les phénomènes de glissement des lamelles à l'intérieur des dépôts entrent en ligne de compte. A cause de la dureté très élevée de ces matériaux, la ductilité de chaque lamelle est réduite, ce qui conduit à un comportement typiquement non métallique. ces caratéristiques des dépôts obligent

à l'utilisation de charges spécifiquement choisies pour la mesure de la dureté.

MICROGRAPHIE DU DEPOT D'UN MATERIAU NON METALLIQUE STABILISE A L'OXYGENE

Grossissement 500 X
Distance de projection : 130 mm



PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES DEPOTS CERAMIQUES DEPENDANT DU MATERIAU CONSIDERE.

- .Structure lamellaire du dépôt;
- Haute dureté du matériau (jusqu'à 65 Rockwell C "Macro Dureté");
- Excellente résistance à la corrosion;
- Isolant thermique et électrique;
- Bas coefficient de frottement;

LE COMPORTEMENT DES REVETEMENTS CERAMIQUE EST ESSENTIELLEMENT INFLUENCE PAR:

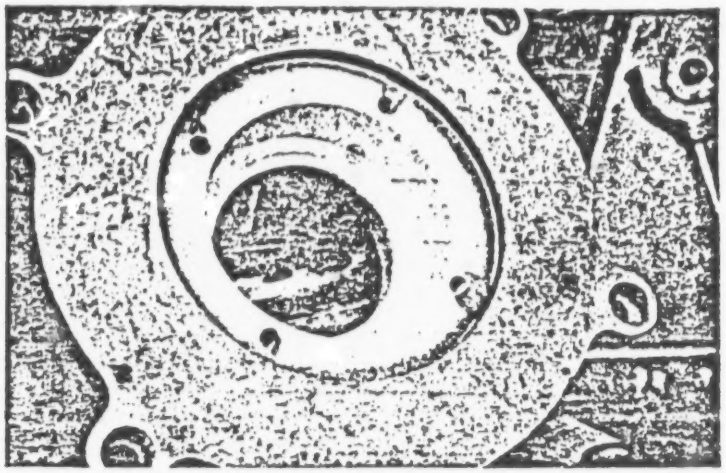
- Les paramètres de projection et leurs variantes;
- Les conditions spécifiques de service;
- La nature, le degré de l'intensité des problèmes d'usure identifiés.

POUR POUVOIR GARANTIR UNE QUALITE ELEVEE DU REVETEMENT, CHAQUE CAS D'APPLICATION DOIT ETRE ETUDIE DE MANIERE SEPAREE.

MATERIAUX NON METALLIQUES STABILISES A L'OXYGENE COURAMMENT UTILISES.

TYPE	COMPOSITION CHIMIQUE	POINT DE FUSION	MACRO DURETE ROCKWELL C*	TEMP. DE SERVICE	CARACTERISTIQUES ET APPLICATIONS
Oxyde d'aluminium	Al_2O_3	2085 °C	55	1500 °C	-Résiste à l'érosion à haute T°. Dépôt dense offrant une bonne résistance à l'abrasion. MANCHONS PROTECTEURS, POCHES DE COULEES, ISOLATION THERMIQUE
Oxyde de titanium	TiO_2	1820 °C	60	550 °C	-Produit un dépôt dense et dur, pouvant résister à l'abrasion et aux surfaces dures. Fini lisse par meulage. VIS DE BATEAU, MANCHONS PROTECTEURS, PALES DE VENTILLATEUR, PALES DE TURBINES A EAU.
Oxyde de chrome	Cr_2O_3	2260 °C	65	550 °C	-Résiste à la corrosion des acides, alcalins et alcools. Dépôt qui ne s'écaille pas résistant à l'abrasion, cavitation, surfaces dures, érosion. CYLINDRE D'IMPRIMERIE, POMPES ET VALVES DANS LES PRODUITS CHIMIQUES, ARBRE D'ELICE, ETC.
Oxyde de zirconium	ZrO_2	2600 °C	25	1700 °C	-Donne un dépôt tendre et poreux idéal comme barrière thermique. Résiste à l'érosion à des T° au-dessus de 815 °C. Basse conductibilité: 8 BTU/pi^2/hre po/°F à 1800°F. Excellent contre la corrosion. COMPOSANTES D'AVION NECESSITANT UNE PROTECTION THERMIQUE, PIECE DE TURBINES A GAZ, ETC.
Zirconate de magmésium	$MgZrO_3$	2200 °C	30	1400 °C	-Excellent contre les particules érosives à haute T°. Résiste à l'action du zinc, de l'aluminium du cuivre et du fer fondu Constitue une bonne barrière thermique. POCHES DE COULEES, EQUIPEMENT DE BRASURE,

* Note: La dureté RC, provient de la conversion de R15N.



Industrie :

Mine de charbon

Pièces :

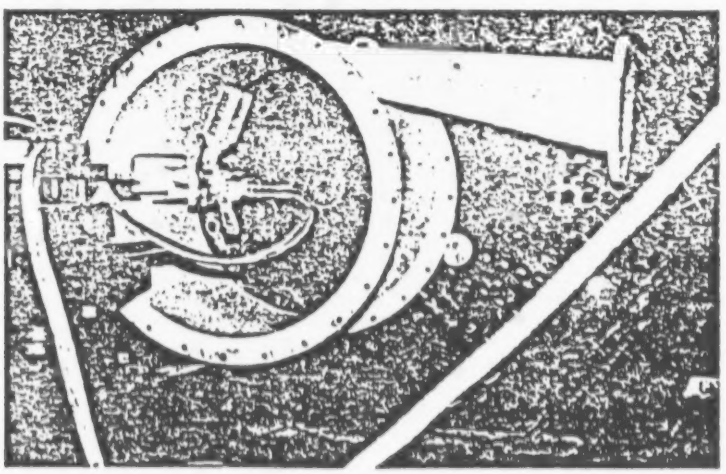
Flasque porte-roulement
de moteur électrique
d'une haveuse

Problème :

Usure par électro-érosion des cages de roulement causée par un courant parasite 100 A/4 V.

Solution

On peut empêcher l'électro-érosion en utilisant un matériau de projection non métallique. Les céramiques offre une excellente isolation électrique, une grande dureté et présente la solution spécifique à ce problème anti-usure.



Industrie :

Sucrerie

Pièces :

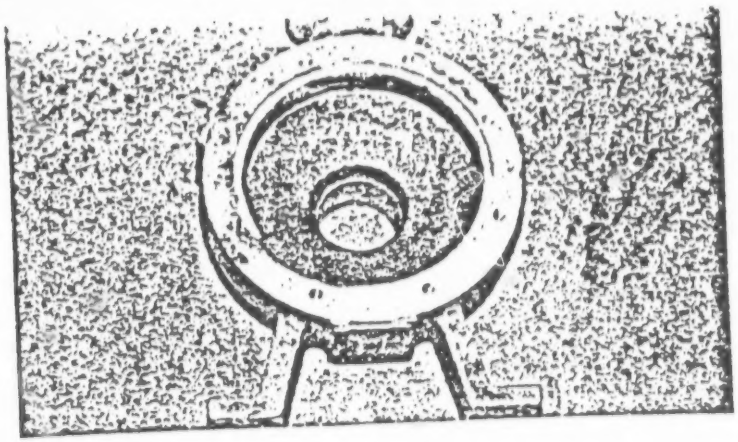
Corps d'un hydrocyclone

Problème :

Usure par érosion de la paroi du corps lors de la séparation du sable contenu dans l'eau de lavage des betteraves.

Solution :

L'usure par érosion en milieu liquide exige un matériau de revêtement de structure dense offrant une dureté élevée. La structure compacte et lamellaire de la céramique convient particulièrement bien pour effectuer un revêtement de protection offrant une grande résistance à cette usure spécifique.



Industrie :

Aciérie

Pièces :

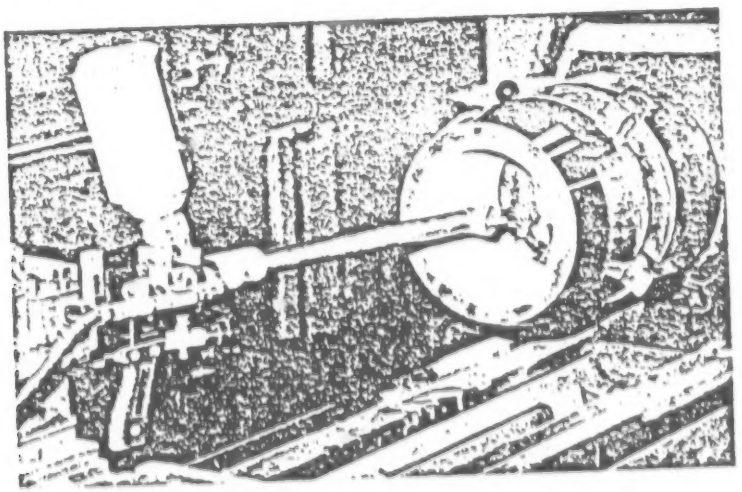
Corps de pompes

Problème :

Usure par érosion de la face intérieure du corps par les éléments solides contenus dans l'eau de refroidissement.

Solution :

Afin de contenir la perforation du corps de la pompe, causée par une usure par érosion, un revêtement de protection a été réalisé sur la paroi de la flasque, par projection, après une réfection par soudage. La céramique convient particulièrement bien, en raison de sa grande résistance à l'usure, aussi en milieu corrosif.



Industrie :

Fabrication de produits pour le meulage

Pièces :

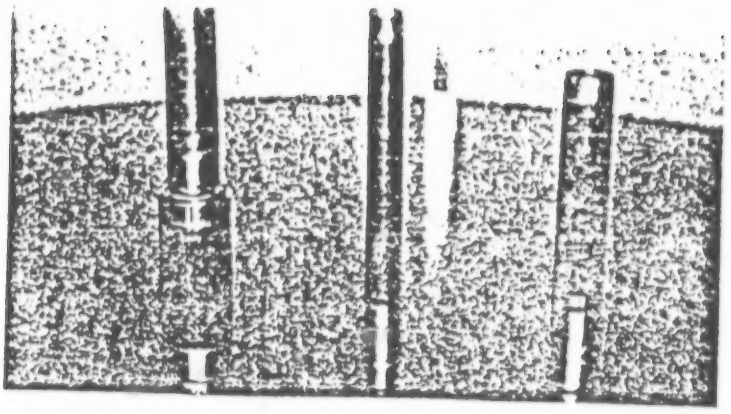
Moule pour profilés sintérisés

Problème :

Usure par abrasion des moules lors de la fabrication de profilés.

Solution :

L'usure par abrasion exige un matériau offrant une grande résistance et une compacité élevée. La céramique convient particulièrement bien, en raison de sa structure dense, résistant à l'abrasion.



Industrie :

Mines

Pièces :

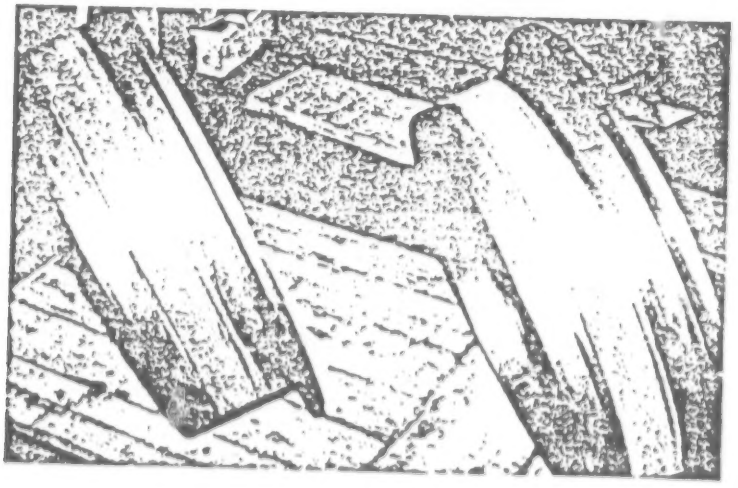
Piston pour pompe à haute pression

Problème :

Usure par frottement métal/métal de la surface de glissement du piston ainsi que par des impuretés existant dans l'eau de refroidissement.

Solution :

L'usure par frottement, liée et combinée avec l'abrasion et la corrosion, exige un revêtement de protection de haute densité, d'une grande élasticité et d'un bon coefficient de frottement. Le revêtement doit s'effectuer au moyen d'un procédé de projection offrant un apport de chaleur réduit, de manière à éviter les déformations. La céramique convient particulièrement bien comme protection contre ces diverses sollicitations d'usure.



Industrie :

Pétrole

Pièces :

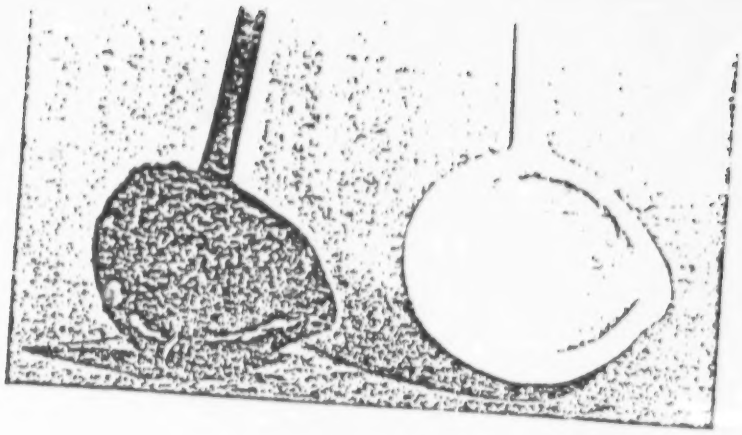
Sièges de raccord à rotule universels des conduites d'alimentation des pétroliers

Problème :

Usure par frottement des sièges de raccord à rotule engendrée par le mouvement constant des conduites en raison de la houle.

Solution :

L'usure par frottement, liée à la corrosion marine, exige des matériaux de revêtement offrant une densité élevée, une grande élasticité du dépôt, ainsi qu'un bon coefficient de frottement. La céramique , en raison de sa structure dense, alliée à une grande élasticité et un bon coefficient de frottement, est particulièrement indiqué pour ce type de problème.



Industries :

Aciérie et fonderie

Pièces :

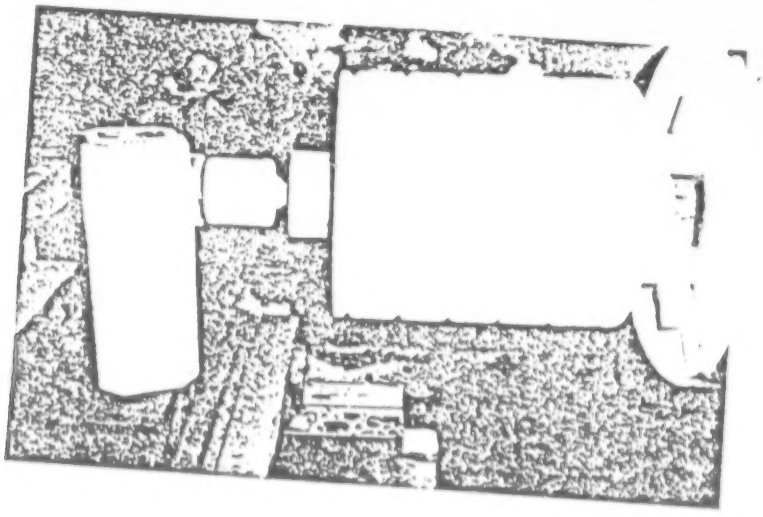
Puisoirs pour prise d'échantillons de charge

Problème

Usure par oxydation et chocs thermiques, causée par contact direct avec le métal en fusion.

Solution :

Ce problème d'usure ne peut être résolu que par des revêtements au moyen d'un matériau offrant une très grande résistance aux chocs thermiques, une mouillabilité faible par le métal en fusion, ainsi qu'une excellente résistance aux températures très élevées. La céramique est particulièrement indiqué pour le revêtement de protection correspondant à ce genre d'usure.



Industrie :

Tréfilerie

Pièces :

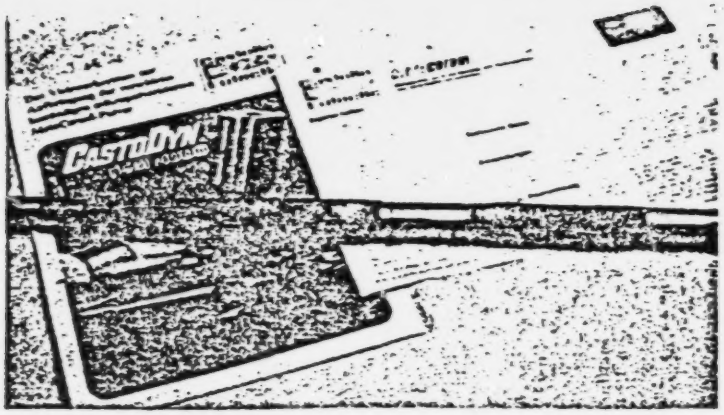
Rouleaux de guidage pour installation de zingage des fils

Problème :

Usure par frottement et corrosion des rouleaux de guidage par le zinc liquide.

Solution :

Ce problème d'usure ne peut être résolu que par un matériau de revêtement offrant d'excellentes caractéristiques de barrière thermique, ainsi qu'une faible mouillabilité par les métaux liquides. La céramique est particulièrement indiqué pour les revêtements correspondants à ce genre des sollicitations.



Industrie :

Chimie

Pièces :

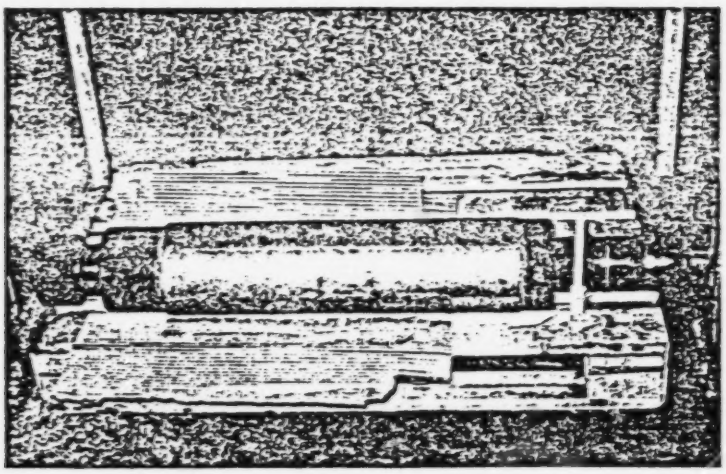
Axe de pompe SIHI

Problème :

Usure par frottement des portées de roulement par des joints toriques d'étanchéité.

Solution :

Ce problème d'usure ne peut être résolu que par un matériau de revêtement offrant un très bas coefficient de frottement, ainsi qu'une excellente tenue, en absence momentanée de graissage, ces deux caractéristiques opérant dans des conditions de corrosion en service. La combinaison spécifique d'une grande résistance à l'usure et d'un bas coefficient de frottement. ainsi qu'une excellente caractéristique d'adhérence, font de la céramique le produit qui convient parfaitement pour cette application.



Industrie :

Aciérie

Pièces :

Piston-guide d'un dispositif de presse

Problème :

Usure par frottement de la surface de glissement du piston.

Solution :

Ce problème d'usure ne peut être résolu que par un matériau de projection offrant un bas coefficient de frottement, une excellente adhérence sur le métal de base, ainsi qu'une bonne résistance à l'usure. est parfaitement indiqué pour répondre à ce genre de sollicitations.

CONCLUSION

Les revêtements non métalliques stabilisé à l'oxygène offre une alternative pratique comparé aux alliages fusionnés pour les raisons suivantes:

- une plus grande variété de revêtement céramique peuvent maintenant être projetés thermiquement à la flamme avec facilité par des systeme à haute énergie, soit directement sur place ou en atelier,

- les pièces peuvent être revêtues sans déformations, sans changements métallurgiques, mécaniques et sans diminution des propriétés de résistance à la corrosion,

- le coût de revient des revêtements céramiques sont considérablements inférieurs à ceux fusionnés, soit: 25% à 50 % dépendant de la forme et du format,

- il ne semble pas y avoir de limitation de dimention et de forme des pièces à être revêtu,

- les revêtements céramiques durent 3 fois plus longtemps(ou plus) dans la question des garnitures mécaniques. Cette amélioration des performances est le résultat du conditionnement (diminution des contraintes, et polissage) des surfaces sous des températures élevées. Il est possible quelques fois d'obtenir ce résultat pendant la projection, mais davantage lors d'un échauffement par friction. D'autres essais sontnécessaires afin de mieux cerner ce phénomène.

CENTRE DE RECHERCHE NORANDA

Seminar on Abrasive Wear
National Research Council Canada
Boucherville, P.Q., 24 March 1986

Séminaire sur l'usure abrasive
Conseil national de recherches Canada
Boucherville, P.Q. 24 mars 1986

Paper: RECENT FIELD SUBSTITUTIONS OF NEW GRINDING MEDIA IN PRIMARY GRINDING

Article: RECENTES SUBSTITUTIONS EN SERVICE DE NOUVELLES TIGES BROYANTES DANS LES BROYEURS PRIMAIRES

Par/By: Patrice Dionne, Centre de Recherche Noranda

ABSTRACT: Abrasive wear of steel rods in primary grinding constitutes a major part of operating costs for Noranda Group mineral processing plants. In order to reduce their consumption, field tests for these grinding rods have been conducted recently in two lead-zinc-copper concentrators using new types of steel. The presentation will focus on field test preparation as well as the methodology used. Results of these field tests will also be given.

RESUME: L'usure abrasive des tiges de broyeur constitue un élément majeur du coût total d'opération des concentrateurs du Groupe Noranda. Afin de réduire cette consommation, des essais de substitution en service de nouveaux aciers de tige ont récemment été effectues dans deux concentrateurs de minerai de cuivre-zinc-plomb. La préparation, la conduite et les résultats de ces essais en service seront présentés.

RÉCENTES SUBSTITUTIONS EN SERVICE DE NOUVELLES TIGES BROYANTES DANS LES BROYEURS PRIMAIRES

PRÉPARATION DES ESSAIS

1. **Travaux Préliminaires**

   - Prise de contact avec les fabricants nord-américains de tiges broyantes
   - Obtention d'échantillons de tiges

2. **Sélection de Matériaux**

   - Essais comparatifs d'usure en laboratoire
   - Revue des essais précédents en service et de l'expérience d'autres compagnies minières

3. **Organisation Finale des Essais**

   - Discussions avec le personnel des concentrateurs
   - Arrangement de garanties avec les fournisseurs, de tarifs d'importation et des quantités pour les essais

Influence de la microstructure sur la résistance à l'usure

- Introduction
  - Tribo-système
  - Exemples tirés de l'histoire concernant la lutte contre l'usure
- Modes d'usure par abrasion.
- Importance de la nature de l'abrasif sur la résistance à l'abrasion et sur la nature des mécanismes d'usure.
- Effet d'une transformation structurale (austénite → martensite)
- Effets de la structure de la matrice.
- Relation entre résistance à l'abrasion et dureté. Mécanismes d'usure. (Exemple).
- Effet des inclusions. (Exemples).
- Relation entre résistance à l'abrasion et ténacité à la rupture. (Exemples).
- Effet de la dispersion des carbures
  - aciers
  - carbures cémentés
- Effets de la dimension et de la proportion de la phase dispersée.
- Conclusions.

ESSAIS DE PLEINE SUBSTITUTION EN SERVICE À NORANDA INC. - DIVISION GECO

CONDITIONS D'ESSAIS

- **Broyeur à tiges de 12' x 14', 900 HP**
- **Circuit ouvert de broyage humide**
- **Minerai :** Sulfure de zinc-cuivre, 5 - 25% pyrite
  W_i = 12 - 15 KWH/ST, F80 = 13 - 20 mm,
  77% solide
- **Production:** 150 - 170 DST/H
- **Charge Broyante:** Acier 1090 et acier à rail d'Algoma steel, 3.5 po. diam., 30 Rockwell C
- **Tiges d'essai :** Acier 52100 normalisé d'Atlas steel, 3.5 po. diam., 37 - 40 Rockwell C

ESSAIS DE PLEINE SUBSTITUTION EN SERVICE À NORANDA INC. - DIVISION GECO

PROCÉDURE DES ESSAIS

1er Essai, mai 1983 à mai 1984

- mai - août 1983:	mesure de la consommation de base des tiges d'Algoma steel

Tiges 1090 consommées : 225 tonnes

- sept. - oct. 1983:	essais de rupture des tiges 52100 en service
- nov.1983 - jan. 1984:	purge controlée des tiges d'Algoma Steel. Tiges 52100 consommées: 140 tonnes
- fév. - mai 1984:	pleine substitution avec les tiges 52100: tiges consommées 210 tonnes

RÉSULTATS: Réduction de la consommation de tiges de 8.56%

ESSAIS DE PLEINE SUBSTITUTION

EN SERVICE À NORANDA INC. - DIVISION GECO

2eme Essai, sept. 1984 à juillet 1985, Division Geco

- **sept. - déc. 1984:** mesure de la consommation de base des tiges d'Algoma steel tiges consommées : 188 tonnes

- **jan. - juillet 1985 :** purge controlée et pleine substitution avec les tiges 52100

RÉSULTATS: Aucune réduction de la consommation de tiges, telle que mesurée en #/DST ou #/KWH

ESSAI DE TIGES MARQUÉES

EN SERVICE À BRUNSWICK MINING & SMELTING CORP. - DIVISION MINIÈRE

CONDITIONS D'ESSAIS

- Broyeur à tiges de 10.5' x 14', 800 HP
- Circuit ouvert de broyage humide
- Minerai : Sulfure de zinc-cuivre-plomb, pyrite et gangue de quartz, calcite et silicates
  $W_i = 13$ KWH/tonne
- Production: 130 DST/H
- Charge broyante: acier 1090, 3 po. diam., dureté de 30 Rockwell C
- Tiges d'essai (3 po. diam.)
  - 70 tiges d'Armco type "Molycop", dureté en surface: 55 Rockwell C
  - 50 tiges d'acier 52100 d'Atlas Steel, dureté : 37 - 40 Rockwell C
  - 60 tiges d'acier 1090, dureté : 30 Rockwell C

ESSAI DE TIGES MARQUÉES

EN SERVICE À BRUNSWICK MINING & SMELTING CORP. - DIVISION MINIÈRE

PROCÉDURE D'ESSAI

- Pendant 6 semaines, 1 fois par semaine , 4 tiges de chaque groupe ont été pesées et remises dans le broyeur
- Toutes les tiges marquées furent chargées en 15 jours, avant de commencer les pesées

RÉSULTATS

Tige	Taux d'usure (kg/tonne)
Armco	0.32
Atlas	0.30
1090	0.30

Quantité totale de minerai broyé durant l'essai : 154,703 tonnes

CONCLUSIONS

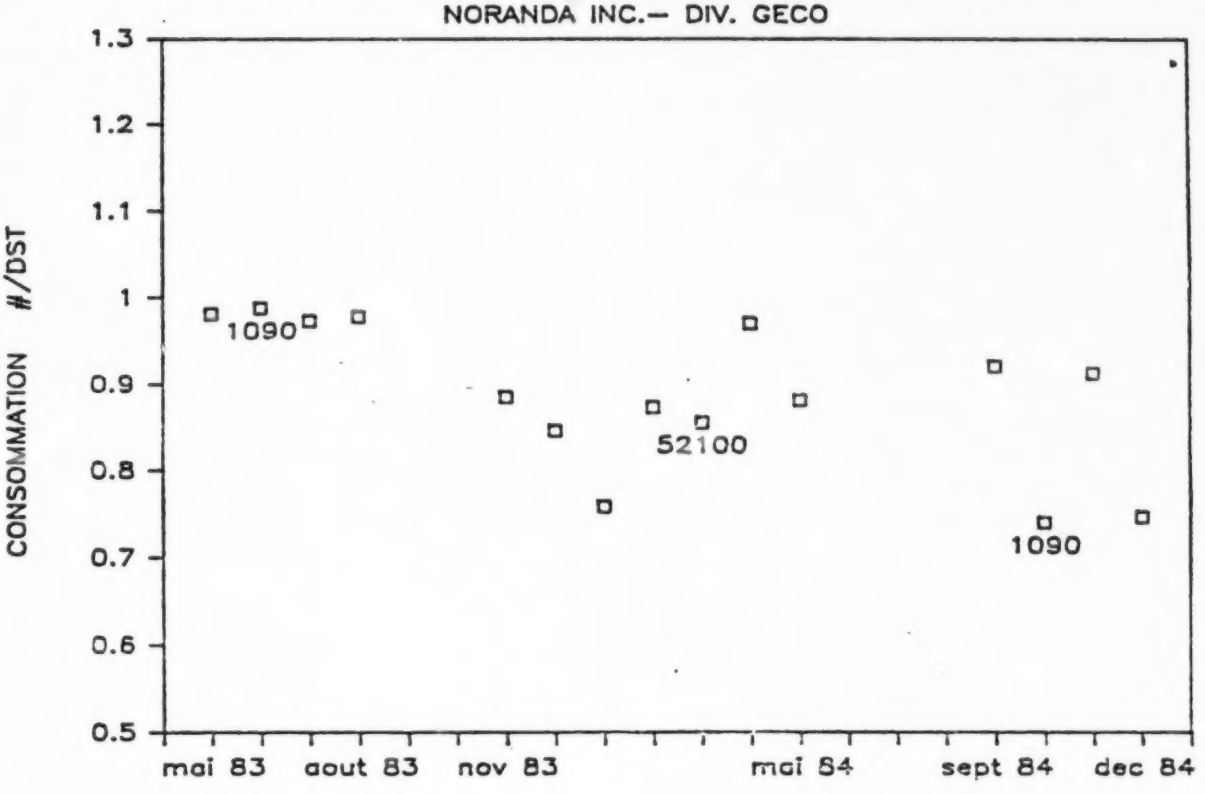
1. Les essais de pleine substitution en service sont préférables aux essais de tiges marquées

2. Les résultats d'essais d'usure en laboratoire peuvent difficilement déterminer l'usure en service des corps broyants. Cependant, à cause des efforts considérables investis dans les essais d'usure en service, des essais en laboratoires, moins couteux et plus représentatifs des conditions d'usure en service devraient être développés.

3. Pour une même tige broyante, les taux d'usure en service varient énormément d'un concentrateur à l'autre, selon les conditions de broyage.

CONSOMMATION DE TIGES

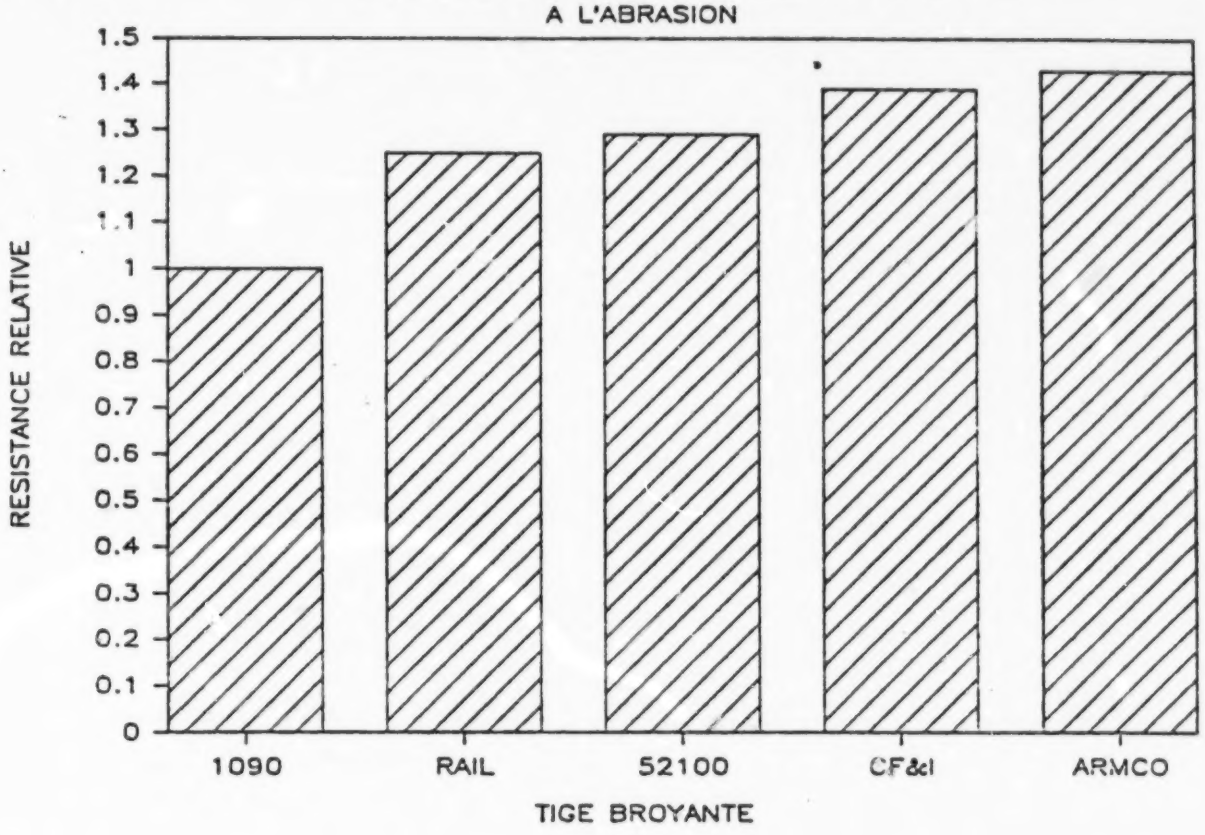
NORANDA INC.— DIV. GECO



noranda

RESISTANCE RELATIVE

A L'ABRASION



noranda

USURE PREMATUREE DES PLAQUES DE REVETEMENT DES RECUPERATEURS #1 & 2

Nous avons constaté une longueur de vie très différente selon que nous manutentionnons du matériel fini, granulé de moins de 1/16" ou des boulettes de fer d'environ 5/8". L'usure est beaucoup plus rapide lorsque nous manutentionnons du matériel fini et cela nous oblige à changer ces plaques plus souvent.

Les qualités requises de ces plaques sont: -

1) Le plus de dureté possible à l'usure

2) Poids d'environ 15 livres au pied carré.

Donat Carbonneau
COMPAGNIE MINIERE IOC

1986 02 17

L'USURE ABRASIVE ,UN COMBAT
Séminaire IGM-ASM
Boucherville, 24 mars 1986

USURE EROSIVE DE LA CAVITATION DES ACIERS INOXYDABLES AUSTENITIQUES AU NI,MN ET CO.

R.Simoneau
IREQ

ABSTRACT

Le taux d'écrouissage apparait comme un facteur primordial dans la résistance à la cavitation des aciers inoxydables austenitiques.Les concentrations en carbone,azote,nickel,manganèse et cobalt ont un influence marqué sur ce taux d'écrouisage.Ainsi nous avons pu formuler un acier inoxydable austénitique qui maximise ce taux d'écrouissage et la résistance à l'érosion de cavitation.Avec des résultats d'essais de dureté,de traction et de cavitation,de micrographies et de diffraction des rayons-X,nous tenterons de mettre en évidence les mécanismes métallurgiques (transformation de phase,mâclage,durcissement et raffinement microstructural) à l'origine de cette barrière efficace contre les chocs de cavitation.

THE ABRASIVE WEAR: A STRUGGLE

ASM-IMRI SEMINAR

Boucherville, March 24, 1986

TITANIUM NITRIDE COATINGS FOR WEAR PROTECTION

GRAHAM T. LEGGE
ABAR IPSEN INDUSTRIES

ABSTRACT

Titanium nitride coatings on suitable substrates have been shown to produce considerable enhancement of component properties in cutting, wear, corrosion resistance and decorative applications. Sputter ion plating, developed at T.I. Research Laboratories for T.I. Abar Ipsen is described including a review of some successful applications and possible reasons for observed improvement in performance.